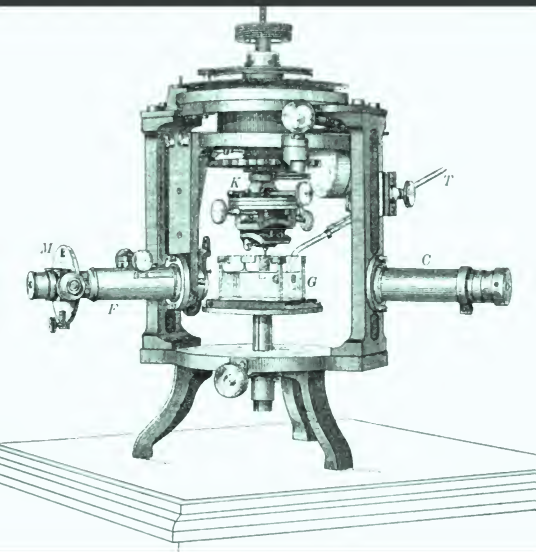


Zeitschrift für Instrumentenkunde

Ernst Dorn, Physikalisch-Technische Reichsanstalt (Germany)

image
not
available

image
not
available

image
not
available





ZEITSCHRIFT FÜR INSTRUMENTENKUNDE.

Organ

für

Mitteilungen aus dem gesamten Gebiete der wissenschaftlichen Technik.

Herausgegeben

unter Mitwirkung der

Physikalisch-Technischen Reichsanstalt

von

S. Czapski in Jena, W. Foerster in Berlin, R. Fuess in Berlin, E. Hammer in Stuttgart, H. Kronecker in Bern, H. Krüss in Hamburg, H. Landolt in Berlin, V. v. Lang in Wien, S. v. Merz in München, G. Neumayer in Neustadt a. H., A. Raps in Berlin, J. A. Repsold in Hamburg, A. Ruprecht in Wien, A. Westphal in Berlin

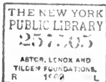
Redaktion: Prof. Dr. St. Lindeck in Charlottenburg-Berlin.

Fünfundzwanzigster Jahrgang 1905.

Mit Beiblatt: Deutsche Mechaniker-Zeitung.



Berlin.
Verlag von Julius Springer.
1905.



Inhaltsverzeichnis.

Referate.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. H. Landolt, Vorsitzender, Prof. Dr. A. Westphal, geschäftsführendes Mitglied, Dr. H. Krüss.

Redaktion: Prof. Dr. St. Lindeck in Charlottenburg-Berlin.

XXV. Jahrgang. **Januar 1905.** Erstes Heft.

Hierdurch erfüllen wir die traurige Pflicht, unsere Leser davon in Kenntnis zu setzen, daß das Mitglied des Redaktions-Kuratoriums dieser Zeitschrift, ihr hochverehrter Mitbegründer

Herr Professor Dr. Ernst Abbe

am 14. Januar 1905 im beinahe vollendeten 65. Lebensjahre nach langem schweren Leiden in Jena sanft entschlafen ist.

Mit ihm ist nicht nur ein bahnbrechender Physiker dahin geschieden, dessen hervorragende praktische und organisatorische Begabung ihn gleichzeitig befähigte, die auf theoretischem Wege von ihm gewonnene Erkenntnis unmittelbar der Menschheit dienstbar zu machen, sondern auch ein Mann von unvergleichlich edelem Charakter.

Die Uneigennützigkeit und Opferwilligkeit, mit welcher er unter vollständiger Zurücksetzung der eigenen Person seine menschenfreundlichen Ziele verfolgte, hat die Bewunderung der Lebenden erregt und wird von den nachkommenden Geschlechtern als ein seltenes Beispiel menschlicher Größe gefeiert werden.

Wir behalten uns vor, auf das Leben und Wirken Ernst Abbes eingehend zurückzukommen.

Sein Andenken wird uns unvergeßlich sein.

Kuratorium und Redaktion der Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Der Heydesche Zahnkreis-Theodolit in neuer Ausführung.

Von
E. Hammer in Stuttgart.

Der in *dieser Zeitschr.* **16.** *S. 289. 1896* von mir kurz beschriebene Theodolit von G. Heyde in Dresden, ohne Strichkreisteilung und ohne Nonien, ist in letzter Zeit vom Verfertiger sehr vereinfacht und dadurch wesentlich verbessert worden; ferner ist die Einrichtung dem damals beschriebenen Instrument gegenüber auch auf den Höhenkreis ausgedehnt, ein Zahnkreis-Universal statt des frühern Zahnkreis-Theodolits hergestellt worden.

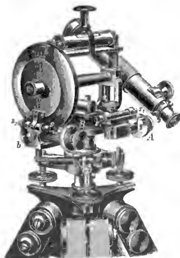


Fig. 1.

Der große Vorteil der neuen Konstruktion ist der, daß die früher für die azimutale Bewegung erforderliche dritte Achse jetzt wegfällt: das Achsensystem ist jetzt dasselbe wie bei jedem andern Repetitionstheodolit. Ferner ist der frühere Zahneinleger ebenfalls weggefallen; an seine Stelle ist am Horizontalkreis (und jetzt also auch am Vertikalkreis) eine in die Randgradzähne des Kreises eingreifende Peripherieschraube (vgl. die Notizen[1]) in *dieser Zeitschr.* **24.** *S. 309. 1904*) mit Trommelablesung getreten. Das Lager jeder dieser zwei Peripherieschrauben A und B (Fig. 1) ist zwischen den Spitzenschrauben $s_1\,s_1$ und $s_2\,s_2$ leicht und sicher beweglich. Mit den Knöpfen a und b sind Exzenter verbunden, die durch Niederdrücken kleiner Hebel mit gegenwirkenden Federn die Schraube außer Eingriff mit den Kreiszähnen setzen. Wenn die zwei Peripherieschrauben abgerückt sind (vgl. für die eine Fig. 3), so ist das Instrument in Beziehung auf azimutale Drehung der Alhidade und auf Kippbewegung des Fernrohrs ganz frei; die eingelegte Peripherieschraube (Fig. 2) wirkt zugleich als Klemme. Die frühere Feststellung durch den Einlegezahn und die nachherige Einstellung des Fernrohrs durch die Minutenschraube, deren Bewegung eng begrenzt war, erforderte für richtige Anwendung und Ablesung doch einige Aufmerksamkeit. Jetzt, wo die Bewegungsschraube direkt in die Zahnkreiseinschnitte eingreift, ist diese Unbequemlichkeit beseitigt und die Einrichtung wesentlich ver-

[1]) Auf eine Mitteilung der Firma E. Sprenger in Berlin hin füge ich hier bei, daß Hr. Sprenger die Peripherieschraube zur sichern Drehbewegung des Meßtischs bereits seit 1879 benutzt. Auch diese Anwendung ist, wie am *a. a. O. S. 310* bereits angedeutet wurde, nicht die erste; sogar bei Teilmaschinen ist lange vor Heyde die Peripherieschraube angewandt worden. Dagegen ist eine neue Art der Herstellung der Peripherieschraube, sowie ihre Anwendung bei dem hier zu beschreibenden Instrument, ferner außer bei Teilmaschinen bei den Uhrkreisen der Äquatoreale Hrn. Heyde eigentümlich.

einfacht. Bei ausgeschalteten Schrauben wird das Fernrohr grob auf den einzustellenden Punkt gerichtet und es werden dann sofort die Schrauben wieder eingelegt. Die Feineinstellung des Punkts wird mit der Schraube (oder den Schrauben A, B) gemacht; die Ablesung geschieht zunächst auf 1° an der groben Teilung, die Feinlesung an der Schraubentrommel (oder an beiden) die in 60 Teile zerlegt ist, deren jeder 1′ angibt, sodaß durch Schätzung auf 0,1′ abzulesen ist. Nach Angabe von Hrn. Heyde erreicht die Genauigkeit der Winkelmessung leicht die bei Anwendung von Hensoldtschen Skalenmikroskopen vorhandene; eigene Erfahrungen mit dem neuen Instrument fehlen mir noch. Da ein Umgang der Schraube genau einem Grad entspricht, so ist es gleichgültig, wie die Trommel beim Einlegen der Schraube in die Gradzähne steht, sie braucht nicht auf Null zurückgestellt zu werden; dadurch, daß sämtliche Gewindegänge sich im vollen Eingriff mit den Kreiszähnen befinden, ist die sichere Führung der Bewegung gewährleistet und die Genauigkeit der Ablesung hat jedenfalls gegen früher viel gewonnen. Es ist sicher anzunehmen, daß sie jetzt erheblich größer ist als bei gleich großen Nonientheodoliten. Trotz des erwähnten langen Eingriffs geht aber die Schraube sehr weich, sodaß der Zielpunkt bequem einzustellen ist. Durch dieses vielgängige Einliegen der Peripherieschraube in die Kreiszähne wird auch dem Einwand der Verletzlichkeit von Kreiszähnen und Schraube genügend begegnet; die Erfahrung an den Heydeschen Kreisteilmaschinen hat gelehrt, daß Schraube und Kreiseinschnitte sich mit der Zeit immer besser ineinander einarbeiten.

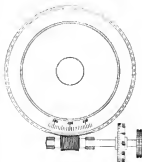


Fig. 2.

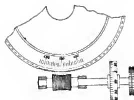


Fig. 3.

Untersuchung eines Mikroskopobjektives.

Von
Karl Strehl in Erlangen.

Es ist selbstverständlich, daß es sich im folgenden um eine theoretische Untersuchung handelt; denn eine praktische kann nur mehr oder weniger vage, vorwiegend negative Ergebnisse herbeiführen, weil eben der Prüfstein für das, was und wie man es sehen soll, selbst erst durch ein vollkommenes System von gleicher Apertur erhalten werden könnte. Ich betrachte auch den Umstand, daß die Untersuchung sich auf Beugungstheorie gründet, in dem Maß als selbstverständlich, daß ich auf einen Vergleich mit der geometrischen Optik hier grundsätzlich nicht eingehe, obwohl ich z. B. mit der Ansicht, daß sphärische Aberration als Beigabe zu chromatischer Aberration vielfach — eben in unserem Beispiel — günstig wirke, mich im Gegensatz zu allen herkömmlichen Anschauungen befinden dürfte. Vielmehr habe ich in einem besonderen Artikel: „Widerspruch von Beugungstheorie und geometrischer Optik in wirklichen Fällen von Fernrohr- und Mikroskopobjektiven“ (*Centralzeitung f. Optik u.*

Mechanik **25.** *S. 265. 1904*) in einer Reihe von Sätzen gezeigt, daß sich bei diesem Objektiv beugungstheoretisch Schritt für Schritt das Gegenteil von dem ergibt, was geometrisch-optisch erwartet werden sollte. Dieses Mikroskopobjektiv nun — das einzige von größerer Apertur, dessen Berechnung mir zugänglich wurde — ist ein von A. Kerber umgerechneter „$^1/_6$-Zöller aus renommierter (mir unbekannter) Werkstätte" von 3,9 *mm* Brennweite und der numerischen Apertur 0,65 aus Jenenser Gläsern (*Centralzeitung f. Optik u. Mechanik* **11.** *S. 73. 1890*).

Erklärung der Tabellen.

Bevor ich in eine Erörterung der Eigenschaften unseres Systems eintrete, welche aus nachstehenden Tabellen entnommen sind, will ich erst diese erklären.

Tabelle I.

$C = 656\ \mu\mu$

h	p'	Δ	γ	γ_0	$\gamma-\gamma_0$	c	$\gamma+c$	μ_0	$\gamma'-\mu_0$	°	cos	sin	ω	ω cos	ω sin
0	175,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+ 100	0	1	+ 1	0
5	4,4	− 1,5	+ 2	37	− 35	− 28	− 26	24	− 50	27	+ 89	+ 45	8	+ 7	+ 4
10	0,8	− 5,1	+ 43	148	− 105	− 112	− 69	97	− 166	91	− 02	+ 100	16	− 0	+ 16
15	66,7	− 9,2	+ 192	334	− 142	− 253	− 61	217	− 278	153	− 89	+ 45	24	− 21	+ 11
20	4,3	− 11,6	+ 492	594	− 102	− 450	+ 42	387	− 345	189	− 99	− 16	32	− 32	− 5
25	3,8	− 12,1	+ 928	928	0	− 703	+ 225	604	− 379	208	− 88	− 47	19	− 17	− 9
										41%			100	38	3

$D = 589\ \mu\mu$

h	p'	Δ	δ	δ_0	$\delta-\delta_0$	d	$\delta+d$	μ_0	$\delta'-\mu_0$	°	cos	sin	ω	ω cos	ω sin
0	171,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+ 100	0	1	+ 1	0
5	0.3	− 1,2	+ 2	31	− 29	− 10	− 8	24	− 32	20	+ 94	+ 34	8	+ 8	+ 3
10	67,1	− 4,4	+ 38	122	− 84	− 40	− 2	97	− 99	61	+ 48	+ 87	16	+ 8	+ 14
15	3,9	− 7,6	+ 174	275	− 101	− 89	+ 85	217	− 132	81	+ 16	+ 99	24	+ 4	+ 24
20	2,4	− 9,1	+ 428	490	− 62	− 158	+ 270	387	− 117	72	+ 31	+ 95	32	+ 10	+ 30
25	3,2	− 8,3	+ 765	765	0	− 247	+ 518	604	− 86	53	+ 60	+ 80	19	+ 11	+ 15
										91%			100	17	74

max. $= 550\ \mu\mu$

h	p'	Δ	μ	μ_0	$\mu-\mu_0$	°	cos	sin	ω	ω cos	ω sin
0	169,2	0	0	0	0	0	+ 100	0	1	+ 1	0
5	8,0	− 1,2	+ 3	24	− 21	14	+ 97	+ 24	8	+ 8	+ 2
10	5,3	− 3,9	+ 38	97	− 59	39	+ 78	+ 63	16	+ 13	+ 10
15	2,7	− 6,5	+ 155	217	− 62	41	+ 75	+ 66	24	+ 18	+ 16
20	2,1	− 7,1	+ 371	387	− 16	10	+ 98	+ 17	32	+ 31	+ 5
25	4,0	− 5,2	+ 614	604	+ 10	− 7	+ 99	− 12	19	+ 19	− 2
						90%			100	80	10

$E = 527\ \mu\mu$

h	p'	Δ	ε	ε_0	$\varepsilon-\varepsilon_0$	e	$\varepsilon+e$	μ_0	$\varepsilon'-\mu_0$	°	cos	sin	ω	ω cos	ω sin
0	168,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+ 100	0	1	+ 1	[illegible]
5	7,0	− 1,0	+ 2	20	− 18	+ 5	+ 7	24	− 17	12	+ 98	+ 21	8	+ 8	+ [illegible]
10	4,5	− 3,5	+ 33	81	− 48	+ 21	+ 54	97	− 43	29	+ 87	+ 48	16	+ 14	+ [illegible]
15	2,3	− 5,7	+ 137	183	− 46	+ 48	+ 185	217	− 32	22	+ 93	+ 37	24	+ 22	+ [illegible]
20	2,3	− 5,7	+ 321	324	− 3	+ 84	+ 405	387	+ 18	− 12	+ 98	− 21	32	+ 31	− [illegible]
25	5,1	− 2,9	+ 507	507	0	+ 132	+ 639	604	+ 35	− 24	+ 91	− 21	19	+ 17	− [illegible]
										88%			100	88	[illegible]

$F = 486\ \mu\mu$

h	p'	Δ	φ	φ_0	$\varphi - \varphi_0$	f	$\varphi + f$	μ_0	$\varphi' - \mu_0$	°	cos	sin	ω	ω cos	ω sin
0	166,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+ 100	0	1	+ 1	0
5	5,8	− 0,9	+ 2	9	− 7	+ 11	+ 13	24	− 11	8	+ 99	+ 14	8	+ 8	+ 1
10	3,9	− 2,8	+ 27	38	− 11	+ 44	+ 71	97	− 26	19	+ 95	+ 33	16	+ 15	+ 5
15	2,6	− 4,1	+ 107	85	+ 22	+ 100	+ 207	217	− 10	7	+ 99	+ 12	24	+ 24	+ 3
20	4,1	− 2,6	+ 223	152	+ 71	+ 177	+ 400	387	+ 13	− 10	+ 98	− 17	32	+ 31	− 5
25	9,0	+ 2,3	+ 237	237	0	+ 277	+ 514	604	− 90	67	+ 39	+ 92	19	+ 7	+ 18
										80 %			100	75	5

Tabelle II.

	φ' ×	i' =	w
C	41	6	246
D	91	63	5 733
m	90	98	8 820
E	88	94	8 272
F	80	33	2 640
		294	25 711 = 87 % (85 %)

Tabelle III.

	Δ :	a =	z	φ ×	i' =	w
C	+ 6,7	6,0	112	1	6	6
D	+ 2,3	5,4	43	52	63	3 276
m	0	5,0	0	100	98	9 800
E	− 1,2	4,8	25	81	94	7 614
F	− 2,5	4,5	56	31	33	1 023
					294	21 719 = 74 %

Tabelle IV.

h	$\gamma - \mu_0$	°	cos	sin	ω	$\omega \cdot$ cos	$\omega \cdot$ sin	
0	0	0	+ 100	0	10	+ 100	0	C = 656 $\mu\mu$
21,9	− 358	196	− 96	− 28	4	− 38	− 11	
		20 %			196	38	1	

h	$\delta - \mu_0$	°	cos	sin	ω	$\omega \cdot$ cos	$\omega \cdot$ sin	
0	0	0	+ 100	0	10	+ 100	0	D = 589 $\mu\mu$
19,6	− 122	74	+ 28	+ 96	4	+ 11	+ 38	
		70 %			196	123	14	

h	$\mu - \mu_0$	°	cos	sin	ω	$\omega \cdot$ cos	$\omega \cdot$ sin	
0	0	0	+ 100	0	10	+ 100	0	max. = 550 $\mu\mu$
18,3	− 36	24	+ 91	+ 41	4	− 36	+ 16	
		96 %			196	185	03	

h	$\varepsilon - \mu_0$	°	cos	sin	ω	$\omega \cdot$ cos	$\omega \cdot$ sin	
0	0	0	+ 100	0	10	+ 100	0	E = 527 $\mu\mu$
17,6	− 15	10	+ 98	+ 17	4	+ 39	+ 7	
		99 %			196	193	0	

h	$\eta - \mu_0$	°	cos	sin	ω	$\omega \cdot$ cos	$\omega \cdot$ sin	
0	0	0	+ 100	0	10	+ 100	0	F = 486 $\mu\mu$
16,2	− 3	2	+ 100	+ 03	4	+ 40	+ 1	
		100 %			196	196	0	

Tabelle V.

	φ' ×	i' =	w
C	20	06	120
D	70	63	4 410
m	96	98	9 408
E	99	94	9 306
F	100	33	3 300
		294	26 544 = 90 %

Zur Berechnung kommen fünf Farben: $C = 656\ \mu\mu$, $D = 589\ \mu\mu$, $m =$ max. (hellste Spektralstelle) $= 550\ \mu\mu$, $E = 527\ \mu\mu$, $F = 486\ \mu\mu$, welche in Tabelle I über, in IV rechts von jedem Zahlenblock angegeben sind.

Die 1. Spalte in Tab. I und IV enthält nun unter h die Austrittshöhen in zehntel *mm*; da $3{,}9 \cdot 0{,}65 = 2{,}535$ ist, so wurde 2,5 als Grenzwert angesehen. Die 2. Spalte in Tab. I enthält unter p' die fehlerhaften Schnittweiten in *mm*. Aus ihr ergeben sich in der 3. Spalte unter Δ die Längsabweichungen der einzelnen Zonen in *mm*. Nach dem in meiner Studie: „Zonen und Leistung der Refraktoren“ (*diese Zeitschr.* **24.** *S. 322. 1904*) beschriebenen Verfahren wurden nun die h als Abszissen, die $-\Delta h/p^2$ als Ordinaten aufgetragen, hierauf die Fläche der entstandenen Figur streifenweise summiert, woraus sich in der 4. Spalte unter γ, δ, μ, ε, φ die Verbiegungen der wirklichen Wellenflächen gegen die jeweilige im Zentrum berührende Kugel (*mathematische* Berührungskugel) in $\mu\mu$ ergaben. Da die wirkliche Wellenfläche keine Kugelform besitzt, so sind in der 5. Spalte unter γ_0, δ_0, μ_0, ε_0, φ_0 die Abweichungen einer idealen kugelförmigen Wellenfläche — welche die wirkliche Wellenfläche im Zentrum und am Rand[1]) trifft, nicht berührt (*optische* Schmiegungskugel) — von der genannten zentralen Berührungskugel in $\mu\mu$ angegeben. In der 6. Spalte ergeben sich hieraus unter $\gamma - \gamma_0$, $\delta - \delta_0$, $\mu - \mu_0$, $\varepsilon - \varepsilon_0$, $\varphi - \varphi_0$ die für die sphärische Bildgüte der einzelnen Wellenflächen wichtigen Verbiegungen der wirklichen Wellenfläche gegen die ideale kugelförmige Wellenfläche in $\mu\mu$.

Zur Charakterisierung der chromatischen Aberration finden sich in der 7. Spalte unter c, d, e, f die Abweichungen der zentralen Berührungskugeln von der der hellsten Farbe in $\mu\mu$ angegeben. In der 8. Spalte ergeben sich demgemäß unter $\gamma + c$, $\delta + d$, μ, $\varepsilon + e$, $\varphi + f$ die Abweichungen der wirklichen Wellenflächen von der zentralen Berührungskugel der hellsten Farbe in $\mu\mu$ und mit Hülfe der nur abgeschriebenen 9. Spalte, welche unter μ_0 die Abweichungen der idealen kugelförmigen Wellenfläche der hellsten Farbe von der zentralen Berührungskugel der hellsten Farbe in $\mu\mu$ enthält, ergeben sich in der 10. Spalte unter $\gamma' - \mu_0$, $\delta' - \mu_0$, $\mu - \mu_0$, $\varepsilon' - \mu_0$, $\varphi' - \mu_0$ die Abweichungen der wirklichen Wellenflächen von der idealen kugelförmigen Wellenfläche der hellsten Farbe in $\mu\mu$. Diese mußten aus dem Grund ermittelt werden, weil das Zentrum der idealen kugelförmigen Wellenfläche der hellsten Farbe der Punkt der günstigsten Einstellung, d. h. hier — bei Mikroskopobjektiven — der Endpunkt der für Ausnutzung des Systemes vorteilhaftesten Tubuslänge ist.

In der 11. Spalte sind diese Abweichungen unter ^{0} in Winkelgrade umgewandelt, wobei $360^0 = 2\pi = \lambda = 656\ \mu\mu$ bezw. $589\ \mu\mu$ bezw. $550\ \mu\mu$ bezw. $527\ \mu\mu$ bezw. $486\ \mu\mu$ zugrunde liegt, um die Wirkung der kombinierten sphärisch-chromatischen Aberration ermitteln zu können. In der 12. und 13. Spalte sind unter cos und sin von diesen Winkeln die 100-fachen entsprechenden trigonometrischen Funktionswerte angegeben, unter ω in der 14. Spalte die verhältnismäßigen Flächen der einzelnen Zonen (die Randzone natürlich halb), in der 15. und 16. Spalte die Produkte $\omega \cdot \cos$ und $\omega \cdot \sin$.

Analog verhält es sich mit Tab. IV; nur bedeutet hier ω nicht sowohl die Fläche des Hauptmaximums und der (beiden) Nebenmaxima, wie vielmehr unter Annahme gleicher (differentialer) Fläche die relative Schwingungsgeschwindigkeit (Amplitude) an diesen Stellen.

Über $\omega \cdot \cos$ und $\omega \cdot \sin$ wurde summiert, die Quadrate genommen und die Summe der beiden Quadrate durch das Quadrat der Summe aus den ω dividiert. Hierdurch ergibt sich die Definitionshelligkeit aus sphärisch-chromatischen Gründen als Bruchteil des vollen Wertes 1, welche ich vorzog in $^0/_0$ anzugeben.

---

[1]) In unserer Rechnung zufällig nicht streng am Rand ($h = 25$), nur nahe dem Rand (etwa $h = 23$), wodurch das Ergebnis teilweise höchstens um $1^0/_0$ zu schlecht wird.

In Tab. II, III, V stehen in der 1. Spalte die zu berechnenden Farben, in Tab. III unter Δ die chromatischen Längsabweichungen der Achsenstrahlen in *mm*, unter *a* die Intervalle zwischen Hauptmaximum und 1. Minimum auf der Achse bei Veränderung der Tubuslänge in *mm*, unter $z = \Delta : a$ die zur Bestimmung des Reduktionsfaktors sich ergebenden Zahlen, unter φ endlich der Reduktionsfaktor aus Gründen der chromatischen Aberration.

In Tab. II und V steht an Stelle dieses unter φ' der Reduktionsfaktor aus Gründen der kombinierten sphärisch-chromatischen Aberration, welcher einfach aus Tab. I und IV entnommen ist. In Tab. II, III, V steht endlich unter $i' = i/\lambda^2$ die (aus beugungstheoretischen — energetischen — Gründen) reduzierte Helligkeit der einzelnen Spektralstellen und unter $w = \varphi \cdot i'$ bezw. $\varphi' \cdot i'$ die entsprechenden Produkte. Über die w wurde summiert und diese Summe durch die Summe über die i' dividiert. Hierdurch ergab sich die Definitionshelligkeit aus chromatischen bezw. kombiniert sphärisch-chromatischen Gründen (in $^0/_0$ angegeben).

Was die Figur (*S. 9*) anlangt, so stellt die wagrechte Gerade *M* die zentrale Berührungskugel der hellsten Farbe vor — hier durch eine Gerade versinnbildlicht, weil es nur auf die *Unterschiede* zwischen den einzelnen Wellenflächen ankommt — die verbogenen Linien die einzelnen wirklichen Wellenflächen; die Abstände der letzteren von ersterer sind die Werte $\gamma + c$, $\delta + d$, μ, $\varepsilon + e$, $\varphi + f$. Die Abstände der punktierten Geraden von der wagrechten Geraden stellen zum Vergleich die entsprechenden Wellenlängen vor. Der Maßstab ist senkrecht 150000 : 1, wagrecht 75 : 1.

Um die Bildgüte eines Mikroskopobjektives zu untersuchen, haben wir nicht allein zwischen sphärischer und chromatischer Aberration zu unterscheiden bezw. beide miteinander zu kombinieren, sondern auch — weil die Fehler je nach der durch die Beleuchtungweise bedingten Beanspruchung des Systems in verschiedenem Grade zur Geltung kommen — zwischen voller, normaler und reiner Beleuchtung.

1. Sphärische Bildgüte.

Aus Tab. I entnehmen wir, daß bei voller Beleuchtung (durch einen Kondensor von großer numerischer Apertur, welcher ein Bild der Lichtquelle in der Objektebene erzeugt, wobei von jedem Objektpunkt aus nach allen Seiten gleichstarkes kohärentes Licht geht — die einzelnen Objektpunkte sind unter sich inkohärent —) die uns vor allem interessierende sphärische Bildgüte der Wellenfläche der hellsten Farbe 90$^0/_0$ beträgt; für die übrigen Wellenflächen habe ich diese Berechnung nicht durchgeführt, weil es ja doch selten vorkommt, daß man ein Objekt in monochromatischem Licht betrachtet (es müßten zu diesem Zweck die Werte $\gamma - \gamma_0$, $\delta - \delta_0$, $\varepsilon - \varepsilon_0$, $\varphi - \varphi_0$ analoge Verwendung finden). Bei reiner Beleuchtung durch eine Planwelle (ebener Spiegel und ferner Lichtpunkt) geht von den einzelnen Objektpunkten kohärentes Licht aus, jedoch nicht gleich stark nach allen Richtungen, vielmehr vorwiegend nach der Richtung der „Beugungsspektra" (ungebeugtes Hauptmaximum, abgebeugte Nebenmaxima 1. und 2. Ordnung). Wir werden in diesem Fall die sphärische Bildgüte der einzelnen Wellenflächen nach der Größe der größten Zone — gemessen an der jeweiligen Wellenlänge — beurteilen. Hierdurch finden wir die Reihenfolge:

am besten *E* *m* *D* *F* *C* am schlechtesten.

Wollten wir jedoch die Tubuslänge zu dem Zweck korrigieren, daß das Bild der Achsenstrahlen möglichst scharf eingestellt würde, in diesem Fall würden wir die sphärische Bildgüte nach der Größe der Randzone beurteilen und würden die Reihenfolge finden:

am besten *F* *E* *m* *D* *C* am schlechtesten.

Kombiniert ergibt sich etwa die Reihenfolge:

am besten E $F = m$ D C am schlechtesten

für reine Beleuchtung. In Wirklichkeit wird volle und reine Beleuchtung selten angewendet; die normale ist eine gemischte, wobei etwa $1/3$ von der numerischen Apertur lichterfüllt ist; ohne die Rechnung durchzuführen, will ich nur das eine bemerken, daß in diesem Fall die Zonen den bekannten Gegensatz von Rahmen und Muster bezüglich der Schärfe der Einstellung bedingen. Wenn man bei einer Diatomee mit *Bruchrand* (von der Einstellung der dicken Leisten ist keineswegs die Rede; nicht einmal die Felderung liegt auch nur annähernd in einerlei Niveau) den Bruchrand scharf einstellt, dann erscheint das Muster (die Felderung) verschwommen; wenn man das Muster scharf einstellt, dann erscheint der Bruchrand verschwommen (das Muster bei schiefem Licht überfließend). Denn, um den Bruchrand — welcher als grobes Detail das Licht nur schwach abbeugt — scharf einzustellen, muß mehr oder minder auf den Schnittpunkt der achsennahen (bis $1/3$ der numerischen Apertur) Strahlen eingestellt werden; um hingegen das Muster scharf zu sehen, muß — im einfachsten Fall — auf das Zentrum der Kugel eingestellt werden, welche sich dem ungebeugten Hauptmaximum und dem Kranz der abgebeugten Nebenmaxima, d. h. den entsprechenden Stellen der Wellenfläche möglichst anschmiegt. Streng genommen ist hier immer Einstellung durch Änderung der Tubuslänge gemeint, wobei das Objektiv in konstantem Abstand von dem Objekt bleibt; in Wirklichkeit wird dies durch Änderung dieses Abstandes bei konstanter Tubuslänge ersetzt; freilich wird hierdurch streng genommen der ganze Strahlengang in sphärischer und chromatischer Beziehung ein wenig verändert; wir werden diese Änderungen wenigstens bei Trockensystemen als sekundäre Einflüsse (Größen 2. Ordnung) außer acht lassen dürfen.

2. Chromatische Bildgüte.

Unter der Annahme rein sphärischer Wellenflächen habe ich so wie früher bei Fernrohrobjektiven in Tab. III die chromatische Bildgüte für volle Beleuchtung berechnet und fand 74 %. Fragen wir, wie es kommt, daß bei derart großer Apertur und großen Längsabweichungen — nämlich im Vergleich mit Fernrohrobjektiven — sphärische und chromatische Bildgüte denen von ganz kleinen Fernrohren gleicht, so werden wir den Grund hierin finden, daß es ja nicht sowohl auf die objektseitige, wie vielmehr auf die bildseitige Apertur ankommt und diese in doppelter Beziehung — absolut = 5 *mm* und relativ = 5 *mm* : 170 *mm* = 1 : 34 — winzig ist. Ein Fernrohrobjektiv von diesen Dimensionen ist so gut wie vollkommen. Das Resultat ist mithin zwar unerwartet gut, aber nicht abnorm gut.

3. Sphärisch-chromatische Bildgüte.

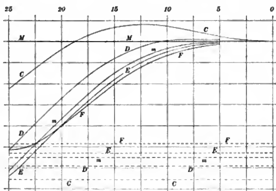
(Chromatische Differenz der sphärischen Aberration.)

In erster Linie kam es mir bei der Berechnung natürlich auf wirkliche Verhältnisse an. Bei voller Beleuchtung nun würde man zunächst schließen, daß die Bildgüte infolge Kombination der beiden Fehler sich als das Produkt der einzelnen Bildgüten ergibt, mithin zu 67 %, weil $0{,}90 \cdot 0{,}74 = 0{,}67$ ist. Wir erhalten jedoch aus Tab. I und II den Wert 87 %, welcher freilich infolge der zu geringen Anzahl der zur Berechnung dienenden Farben unsicher ist; unter der wohlbegründeten Annahme, daß die Werte φ' eine stetige Kurve von einfachem Verlauf ergeben, habe ich die Rechnung auf alle ganzen Zahlen von $\lambda = 40$ bis $\lambda = 70$ (mal 10 $\mu\mu$) ausgedehnt und den etwas kleineren Wert 85 % gefunden. Ich weiß nicht, ob unser System jemals

ausgeführt wurde, noch weniger konnte ich mit ihm wirklich beobachten; ich muß es dahingestellt sein lassen, inwiefern dieser günstige Wert sich durch Mangel an Flauheit des Bildes kundgibt. Jedenfalls dürfen wir einen gewissen Betrag der Flauheit des Bildes bei voller Beleuchtung auf Rechnung der Dicke des Präparates setzen. Wir erkennen hieraus, daß die chromatische Aberration die sphärische Bildgüte verschlechtert bezw. die sphärische Aberration die chromatische Bildgüte verbessert, letzteres in viel stärkerem Maße, als ich es bis jetzt bei Fernrohrobjektiven gefunden habe.

Um an einem Beispiel bei derselben Einstellung die Wirkung bei reiner Beleuchtung zu untersuchen, nahm ich ein Präparat an, bestehend aus 10 Spalten mit gleich breiten Zwischenstäben in undurchsichtiger Schicht, Spalt- und Stabbreite gleich Abstand gleich $e = 1{,}17\ \mu$ (Anzahl $N = 855$ auf 1 *mm*). Nach Monsson ist die Intensität des ungebeugten Hauptmaximums gleich 1000, die der ersten abgebeugten Nebenmaxima 1. Ordnung gleich 41 (die der 2. Ordnung lassen wir als zu lichtschwach außer Betracht). Die Amplituden verhalten sich mithin so wie die Quadratwurzeln aus 100 und 4, und weil beiderseits des Hauptmaximums ein Nebenmaximum zur Wirkung kommt — vorausgesetzt ist stets gerade Beleuchtung als normale — die für ω in Betracht kommenden Zahlen so wie 10 und $2 \cdot 2$, mithin 10 und 4. Als Definitionshelligkeit erhalten wir aus Tab. IV und V 90%, wenig abweichend von dem vorigen.

Aus beiden extremen Werten für volle und reine Beleuchtung dürfen wir schließen, daß bei normaler Beleuchtung ($^1/_3$ von der numerischen Apertur lichterfüllt, die Berechnung würde zu weit führen) die sphärisch-chromatische Definitionshelligkeit zwischen 85% und 90% liegt.



4. Rot-grünes Muster.

Trotz dieser günstigen Verhältnisse gelangen an geeigneten Präparaten die kombinierten Fehler der Mikroskopobjektive leicht zur Wahrnehmung, dank der außerordentlichen Farbenempfindlichkeit des menschlichen Auges. Ich bin in der glücklichen Lage, eine Erscheinung, welche ich früher an Mikroskopobjektiven beobachtete und über welche ich in meiner Abhandlung: „Studien an Mikroskopobjektiven“ (*Zeitschr. f. wissensch. Mikroskopie* **17.** *S. 425. 1900*) berichtet hatte, rechnerisch verfolgen zu können. Aus der Figur erkennen wir, daß die Wellenflächen m, E, F eng neben einander verlaufen, während D etwas und C stark abweicht. Wenn wir mithin auf den Schnittpunkt der Achsenstrahlen der hellsten Farbe (in der Figur die Höhe der geraden Linie M) einstellen, um den Bruchrand einer Diatomee möglichst scharf zu sehen, deren Felderung etwa doppelt so grob und von der Art wie die von *Pleurosigma angulatum* ist, mithin der Feinheit nach etwa obigem Beispiel entspricht, dann wird in den Zonen $h = 19{,}6$; 18,3; 17,6; 16,2 der abgebeugten Nebenmaxima 1. Ordnung für die Farben D, m, E, F eine Differenz der

Lichtwege von etwa einer halben Wellenlänge entstehen, mithin ein negatives — d. h. welches die Öffnungen lichtlos, die Membran farbig zeigt — grünes Bild, während für die Farben jenseits von *C* an keine wirksame Differenz der Lichtwege entsteht, mithin ein positives — d. h. welches die Öffnungen farbig, die Membran lichtlos zeigt — rotes Bild. Wir erblicken scheinbar eine grüne Schicht mit roten Körnern. Beides ist falsch — die grüne Schicht, denn das grüne Licht sollte durch die Öffnungen gehen, statt eine Schicht vorzutäuschen; die roten Körner, denn wo rotes Licht durchgeht, da können keine Körner, sondern müssen Öffnungen sein. Ändert man die Einstellung etwas, erhält man ein zwar farbloses, aber verschwommenes Bild des Musters: es treffen jetzt nahezu, mithin nicht ganz scharfe, positive Bilder solcher Farben zusammen, welche sich zu weiß vereinigen.

Am Ende meiner Ausführungen möchte ich noch auf einen Vergleich der Bilder von Mikroskop- und Fernrohrobjektiven zu sprechen kommen. Wir sind gewohnt, Bilder von Trockensystemen leicht als flau hinzustellen, weil uns zum Vergleich die vollkommneren Bilder von Ölimmersionen zu Gebote stehen und weil wir gewöhnlich besondere Beobachtungsmethoden anwenden, welche gewisse Strukturen scharf herausheben. Hier erkennt das farbenempfindliche Auge mit Leichtigkeit die sphärisch-chromatischen Mängel an den mehr oder minder auffälligen (selbst bei Ölimmersionen und Trockenapochromaten noch sichtbaren) Färbungen von in Wirklichkeit farblosen Dingen (Diatomeenleisten u. s. w.). Hingegen sind wir gewohnt, die Bilder von Fernrohrobjektiven leicht scharf zu finden; wahrscheinlich glaube ich, weil uns vollkommene Bilder großer Instrumente nicht zu Gebote stehen und kleine Instrumente das Detail, auf welches es ankommt, nicht zu zeigen vermögen. Wenn nun schon bei 85 % bis 90 % sphärisch-chromatischer Definitionshelligkeit die Mängel der Systeme noch merkbar auftreten, dann müssen wir alles aufbieten, in der Optik an Stelle des Großen das Feine zu setzen, d. h. den sphärischen und chromatischen Fehlern mehr und mehr entgegenzuwirken. Obige Untersuchung erscheint wohl auf den ersten Blick verwickelt, in Wahrheit jedoch beansprucht sie höchstens drei Tage Arbeit. Es ist mithin nicht zulässig, die Beugungstheorie als eine zu schwierige Methode zu bezeichnen.

Hitzdraht-Instrumente mit Spiegel-Ablesung.

Von
K. E. F. Schmidt in Halle a. S.

Die exakte Messung elektrischer Ströme von einigen tausend Perioden in der Sekunde stellt an den Experimentator besondere Anforderungen.

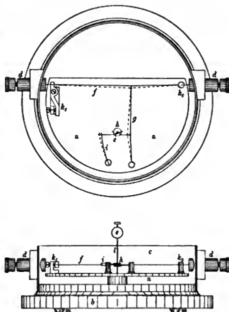
Ich habe nun bei meinen Untersuchungen über Resonanz elektrischer Schwingungen[1]) gefunden, daß die sich bietenden Schwierigkeiten durch Verwendung von Hitzdraht-Instrumenten mit Spiegel-Ablesung in verhältnismäßig einfacher Weise überwunden werden. Bei sorgfältiger Handhabung solcher Instrumente kann man die Genauigkeit in der Bestimmung der gesuchten Stromstärken, absolut gemessen, bis gegen 0,04 % treiben.

Zwar muß man dann eine öftere Kontrolle der Ausschläge durch Kompensation mit Gleichstrom ausführen, wodurch die Beobachtungen etwas umständlich werden; dafür hat man aber Apparate ohne wesentliche Kapazität und Induktion zur Verfügung, ein Vorteil, der bei Messung schneller Schwingungen nicht hoch genug zu bewerten ist.

[1]) *Ann. d. Physik* **14.** *S. 22. 1904.*

Die Einrichtung der auf meine Veranlassung von **Hartmann & Braun A.-G.**, Frankfurt a. M., für Spiegel-Ablesung umgebauten Instrumente zeigt die Figur.

Die aus Glas gefertigte Systemplatte *a* nimmt die Träger k_1 und k_2 zur Befestigung des Hitzdrahtes *f* und die Spannvorrichtungen *g*, *h*, *i* auf und sichert dem Draht eine für hohe Spannungen ausreichende Isolation. Die Stromzuführung geschieht durch gut gegen das Gehäuse isolierte Klemmen *d*, welche in geradliniger Fortführung des Drahtes angebracht sind. Es ist dies die denkbar einfachste Stromführung, welche besonders bei Anwendung des Nebenschlusses (siehe unten) möglichst fehlerfreie Meßresultate auch für sehr schnelle Schwingungen gewährleistet. Die Stahlachse *l* ist zur Aufnahme des Spiegels *e* verlängert und findet ihr oberes Ende in einer kleinen Kammer, welche auf dem Deckel des Instrumentes angebracht und nach vorn durch eine planparallele Glasplatte abgeschlossen ist. Die Führung des Übertragungsdrahtes an der Rolle *h* ist sorgfältiger als bei den Instrumenten üblicher Konstruktion ausgearbeitet.



a Systemplatte aus Glas.
b Grundplatte aus Eburin.
c Mantel aus Preßspan.
d Anschlußklemmen, durch Hartgummi und Glas isoliert.
e Spiegel aus Glas.
f Hitzdraht } aus Platin-Iridium.
g Übertragungsdraht } aus Platin-Iridium.
h Übertragungsrolle aus Messing.
i Spannfeder aus Stahlband.
k_1 Nullpunktskorrektion aus Messing.
l Stahlachse mit Spitzenlagerung in Steinen.
m Füße aus Weichgummi.

Im übrigen bestehen keine wesentlichen Unterschiede gegen die gewöhnliche Konstruktion; die der Figur beigefügten Bezeichnungen geben dem Leser genügende Aufklärung. Die punktiert eingezeichneten Linien zeigen die Durchbiegung des Hitz- und Übertragungsdrahtes unter Strom und die dadurch bewirkte Drehung des Spiegels um den Maximalausschlag von 37°.

Zu meinen Arbeiten benutze ich seit einem Jahr zwei derartige Instrumente; das eine, mit dünnem Hitzdraht versehen, hat ein Meßbereich von 0,08 bis 0,2 Amp., das andere besitzt einen dickeren Draht und ein Meßbereich zwischen 1 und 2 Amp.

Die Apparate haben sich für mannigfache Untersuchungen als außerordentlich zweckentsprechend erwiesen.

Jedes der Instrumente ist an dem einen Ende eines starken Brettes von etwa 130 *cm* Länge und 26 *cm* Breite befestigt, das andere Ende des Brettes nimmt Fernrohr und Skale auf.

Die Prüfung des Instrumentes erfolgte nach der Kompensationsmethode[1]). Zu diesem Zweck wurde ein Stromkreis gebildet aus einer kleinen Akkumulatoren-

[1]) Bei diesen Messungen bin ich von den Hrn. Kand. Rasehorn und Zippel sowie später von Hrn. Ingenieur v. Buol in dankenswerter Weise unterstützt worden.

Batterie, dem Hitzdraht-Instrument, einem hinreichend fein regulierbaren Widerstand, einem Präzisionswiderstand von Wolff nnd einem Milliamperemeter von Siemens & Halske A.-G. mit Nebenschluß; das letztere diente zur ersten Orientierung. Die Spannnng an dem Präzisionswiderstand wurde mittels eines Feußnerschen Kompensators nnter Verwendung eines Westonschen Normalelementes gemessen und so der das Hitzdraht-Instrument durchfließende Strom in bekannter Weise ermittelt. Zweigt man den Kompensationskreis an den Klemmen des Hitzdraht-Instrumentes ab, so kann man den Widerstand des stromdurehflossenen Instrumentes bestimmen.

Die anf diese Weise bestimmten Konstanten der beiden Instrumente (Widerstand, Ausschlag nnd Empfindlichkeit) ergibt Tab. I.

Tabelle I.
Konstanten der Hitzdraht-Instrumente.

Ausschlag[1] α	Stromstärke in Ampere i	Empfindlichkeit $\frac{\Delta i}{\Delta \alpha}$	Widerstand des Hitzdrahtes in Ohm w
Instrument für 1 bis 2 Amp.			
37,5	0,97836	0,001018	0,2912
148,3	1,09140		—
517,2	1,48980		0,2944
902,4	1,8930	0,00088	—
997,2	1,9761		0,2984
Instrument für 0,1 bis 0,2 Amp.			
195,3	0,10139	0,000185	15,965
249,6	0,11158		—
492	0,14960		16,046
772	0,18794	0,000106	16,15
863,1	0,19758		—

Tabelle II.

a) Vor der Beobachtung mit 2 Amp. belsstet.

Nummer des Versuches	Zeit	Stromstärke i bei 249,2 Skt. Ausschlag	Zwischenbelastung
1	$7^h\ 16^m$	1,4997 Amp.	
2	18	1,4998	
			1 Amp.
3	43	1,5001	
4	48	1,5001	
			2
5	8 10	1,5000	
			1
6	19	1,5007	
	Mittelwert:	1,5001	
Größte Abweichung zwischen den äußersten Werten		0,07%	

b) Größte Belastung 1,5 Amp. bis Versuch 5.

Nummer des Versuches	Zeit	Stromstärke i bei 246,8 Skt. Ausschlag	Zwischenbelastung
			1 Amp.
1	$4^h\ 50^m$	1,4976 Amp.	
			1
2	5 7	1,4984	
			1
3	40	1,4995	
			1
4	48	1,4999	
			1
5	57	1,5001	
			2
6	6 20	1,5004	
			2
7	47	1,5004	
	Mittelwert:	1,4995	
Größte Abweichung zwischen den äußersten Werten		0,19%	

[1]) Skale in 1000 *mm* geteilt.

Tabelle III.

Nummer des Versuches	Zeit	Stromstärke i in Ampere bei 500 Skt. Ausschlag	Zwischenbelastung
			0,08 Amp.
1	$11^h\ 10^m$	0,15033	
2	19	0,15027	
			0,2
3	35	0,15011	
4	40	0,15011	
			0,08
5	55	0,15000	
6	59	0,15000	
			0,2
7	12 22	0,15011	
8	27	0,15010	
			0,08
9	47	0,15015	
10	50	0,15014	
	Mittelwert:	0,15015	
Größte Abweichung zwischen den äußersten Werten		0,22%	

Instrument etwa 4 Stunden ohne Strom.

Nummer des Versuches	Zeit	Stromstärke i in Ampere bei 500 Skt. Ausschlag	Zwischenbelastung
			0,075
11	$5^h\ 5^m$	0,15052	
12	18	0,15052	
			0,075
13	45	0,15061	
			0,20
14	6 1	0,15057	
15	5	0,15057	
			0,2
16	37	0,15016	
17	47	0,15019	
			0,2
18	7 4	0,15030	
19	8	0,15031	
	Mittelwert:	0,15040	
Größte Abweichung zwischen den äußersten Werten		0,3%	

Tabelle IV.

Beobachtungen, bei denen der Strom längere Zeit völlig unterbrochen war.

Instrument mit dünnem Hitzdraht.

Datum	Ausschlag	Stromstärke in Amp.
16. II. 04	234,8	0,15031
	234,9	0,15001
	234,9	0,14980
	Mittel:	0,15004
17. II. 04	$234{,}9_5$	0,14942
	235,0	0,14948
	234,9	0,14933
	Mittel:	0,14941
18. II. 04	$234{,}9_5$	0,15018
	234,9	0,14994
	234,9	0,14982
	Mittel:	0,14998

Das Instrument war an jedem Tage während der ganzen Beobachtungszeit dauernd mit Strom belastet. Die Stromstärken schwanken zwischen 0,1 und 0,2 Amp.

Die Mittelwerte für verschiedene Tage weichen maximal um 0,38% voneinander ab.

Für das Instrument mit dickerem Draht liefert Tabelle II am

11. IV. 04	249,2	1,5001
12. IV. 04	246,8	1,4995

Der letztere Wert auf 249,2 reduziert, ergibt 1,5017, also einen um 0,11% abweichenden Wert.

Um die Konstanz der zum gleichen Ausschlag gehörenden Stromwerte zu finden, sind zunächst Beobachtungen bei etwa zweistündiger Dauerbelastung durchgeführt. Festgestellt wurde, welche Stromstärke einem bestimmten mittleren Ausschlag entspricht, wenn einmal vorher das Instrument längere Zeit mit der kleinsten, das andere Mal mit der größten auf der Skale noch angezeigten Stromstärke belastet war.

Ein anderer Teil der Beobachtungen umfaßt Messungen, bei denen das Instrument zwischen den einzelnen Beobachtungssätzen längere Zeit stromlos war.

Die Resultate sind in den Tab. II bis IV niedergelegt, deren dritte Spalte die zur Einstellung auf einen bestimmten Skalenteil notwendige Stromstärke angibt.

Aus diesen Tabellen folgt:

1. Zur Erreichung guter Konstanz ist es nötig, die Instrumente vor den Beobachtungen einige Minuten mit einer Stromstärke, welche nahe der maximal zulässigen liegt, zu belasten. Dehnen sich die Messungen über längere Zeit aus, so wird diese Maximalbelastung zweckmäßig öfter wiederholt.

2. Für das Instrument mit *dünnem* Hitzdraht betrug während fast 2-stündiger Dauerbelastung die größte Abweichung zwischen zwei Werten 0,3 %, die größte Abweichung vom Mittel 0,16 %.

Für das Instrument mit *dickerem* Hitzdraht ergibt sich die größte Abweichung zu 0,07 % und vom Mittel zu 0,04 % nach vorhergegangener Maximalbelastung. Hat eine solche nicht stattgefunden, so fanden sich jene Abweichungen zu 0,19 % und 0,13 %.

3. Fand zwischen den einzelnen Beobachtungssätzen für Dauerbelastung eine völlige Stromentlastung der Apparate statt, so ergaben sich Abweichungen, die beim dünnen Hitzdraht 0,38 %, beim dickeren 0,11 % betrugen.

Will man den höchsten Grad der möglichen Genauigkeit erreichen, so muß man die Schaltungen so einrichten, daß zum Zwecke der Eichung ohne Stromunterbrechung von Wechsel- auf Gleichstrom-Belastung übergegangen werden kann, was immer durchführbar ist.

Erweiterung des Meßbereichs durch einen Nebenschluß. Bei Benutzung des Nebenschlusses für Messung schneller elektrischer Schwingungen ist es zur Erreichung exakter Resultate notwendig, den Nebenschluß so einzurichten, daß beide Stromzweige streng symmetrisch zu den Verzweigungspunkten liegen. Verhältnismäßig geringe Abweichungen genügen, um unrichtige Werte zu ergeben.

Halle a. S., im Januar 1905.

Referate.

Mikrometerfernrohr-Entfernungsmesser.

Von G. Butenschön. Broschüre von 18 S. 8°. Bahrenfeld 1904.

Der Verf., Inhaber einer Werkstätte für wissenschaftliche, besonders geodätische Instrumente in Bahrenfeld bei Hamburg, hat sich bisher hauptsächlich durch Freihand-Nivellier- und Höhenwinkelmeß-Instrumente mit Reflexion der Libellenblase in das Gesichtsfeld des Fernrohrs oder Diopters bekannt gemacht (z. B. den „Libellenquadranten", der, auf dem Schiff oder im Ballon von der Kimme für Höhenwinkel emanzipiert, allerdings sich selbstverständlich an Genauigkeit mit einer Sextantenmessung über der Kimmlinie nicht messen kann). Er bietet in dieser viersprachigen Broschüre die Beschreibung eines Parallaxen-Entfernungsmessers, dessen Grundgedanke schon viel (aber allerdings nicht mit genügendem Erfolg) benutzt ist und sich vielleicht am besten folgendermaßen erklären läßt. Denken wir uns ein Fernrohr, dessen Ziellinie in seiner Lage *I* genau nach dem Punkt *P* (Fig. 1) gerichtet ist, für den die Entfernung bestimmt werden soll. Es sei die Möglichkeit vorhanden, das Fernrohr aus der Lage *I* durch Verschiebung an der horizontalen Schiene *S* um die Strecke *b* (Basis) genau parallel seiner ersten Lage in die Lage *II* zu bringen. Der von *P* durch den optischen Mittelpunkt der Objektivlinse gehende Lichtstrahl weicht in der Entfernung gleich der Fokallänge des Objektivs von dem Vertikalfaden (0) im Diaphragma ab um die kleine Strecke *p* (Parallaxe); kann man diese genügend scharf

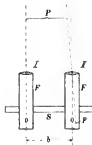


Fig. 1.

messen oder vielmehr im Fernrohr ablesbar machen, und kann man genügend für die Parallelität der Ziellinie des Fernrohrs in Lage *I* und *II* sorgen, so hat man einen Entfernungsmesser, der die Distanz von *P* aus der Proportion

$$D = \frac{b \cdot f}{p} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 1)$$

ergibt, wo f die Brennweite des Objektivs bedeutet. Für die Konstanten b und f kann man z. B. $b = 1$ Meter, $f = 20$ oder 30 *cm* wählen, die Strecke p kann man ablesbar machen auf einer feinen, auf einem Glasplättchen aufgetragenen Teilung, die auf dem Diaphragma befestigt wird. Die Entfernung der Teilstriche dieser Skale kann man so bestimmen, daß, wenn n die abgelesene Zahl von Teilen (bis auf 0,1 zu schätzen) ist, um die das Bild von P bei Lage *II* des Fernrohrs seitlich vom Mittelfaden (Skalennull) sich befindet, z. B.

$$D = \frac{10\,000}{n} \text{ Meter} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 2)$$

wird.

Derartige Distanzmesser gehören in die Klasse Ia meiner Einteilung der Parallaxendistanzmesser (vgl. *Zeitschr. f. Vermess.* **20.** *S. 193. 1891*); daß hier nur ein Fernrohr statt der sonst meist vorhandenen zwei benutzt wird, bringt natürlich keinen prinzipiellen Unterschied, ebenso ist es ohne wesentliche Bedeutung, ob die Schiene S horizontal liegt oder vertikal steht. Aber die bisherigen Versuche mit einer Parallelverschiebung des Fernrohrs haben sich nicht bewährt, weil *mechanische* Vorrichtungen für diese Verschiebung nicht genügende Genauigkeit geben können. Hier hat nun der Verf. eine Verbesserung nach folgender Überlegung angebracht. Die Basis ist, wie auch schon früher von andern angewandt wurde, vertikal gestellt, das Fernrohr wird an einem *Stab* auf- oder abgeschoben von *I* nach *II*; daß aber die Ziellinie in *II* genügend genau parallel zu der Ziellinie in *I* wird — hierin liegt die Neuerung — ist mit Hülfe einer ins Gesichtsfeld reflektierten Libelle erreicht (Fig. 2). Man ist dabei allerdings auf die Benutzung des einen Endes der Libellenblase angewiesen, also auf die Annahme, daß die Länge der Blase sich während der Arbeit am Instrument nicht verändere. Liest man in Lage *II* die Zahl n der Mikrometerteile ab, um die jetzt das Zielpunktbild vom Mikrometernullpunkt entfernt ist, so gibt C/n die Entfernung des Zielpunkts. In der Regel ist das Mikrometer so eingerichtet, daß für $b = 1$ *m* $C = 10000$ ist. Der Anblick des Mikrometers sei der von Fig. 3 und 4, sodaß $n = 15{,}8$ ist; die Entfernung beträgt dann $\frac{10000}{15{,}3} = 654$ *m*. Die Mikrometerstriche zu beiden Seiten des Nullpunkts geben bis 55 und man kann $^1/_{10}$ Teil schätzen. Da man mit Hülfe der 20″-Libelle jedenfalls auf etwa 2″ genau dafür sorgen kann (nicht auf „Bruchteile einer Winkelsekunde“), daß die Lage *II* zu *I* parallel ist, so ist die in der Entfernungsmessung erreichbare Genauigkeit nicht schlecht. Immerhin ist die Ansetzung von 1 *dm* im Resultat (Butenschön schreibt bei dem Fall Fig. 3 u. 4 653,6) überflüssig, wie schon die Ablesungsgenauigkeit zeigt: durch Veränderung der Ablesung 15,8 um $\pm 0{,}1$ Teil ändert sich das Resultat um ∓ 4 Meter. „Dieselbe Genauigkeit wie der in der Geodäsie verwendete Distanzmesser mit Doppelfaden und Latte“ läßt das Instrument jedenfalls nicht erreichen, auch ist beim Fadendistanzmesser

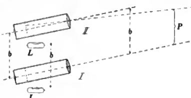


Fig. 2.

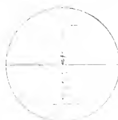

Fig. 3.


Fig. 4.

für wachsende Entfernung die Fehlerzunahme günstiger. Ich werde bald über Versuche mit dem neuen Instrument berichten können; ich habe an dem von mir bestellten Instrument eine 15"-Libelle statt der 20"-Libelle anbringen lassen, vielleicht ist allerdings jene Libelle bereits etwas zu empfindlich. Für $b = 1$ *m* gibt der Verf. (günstige Umstände, besonders günstige Zielpunkte und gutes Wetter vorausgesetzt) an, daß bei den Entfernungen 200, 500, 1000 *m* die Fehler $^1/_2$ *m*, $2^1/_2$ *m*, 10 *m* erreichbar seien.

Die Handhabung des Instruments, dessen äußeren Anblick mit der Hebeschraube und dem Stab für *b* die Fig. 5 bietet, ist jedenfalls weniger bequem als die des gewöhnlichen Fadendistanzmessers mit Latte, weil hier der dem konstanten Parallaxenwinkel entsprechende Lattenabschnitt mit einem Blick und ohne Veränderung am Instrument abgelesen wird, bei dem Butenschönschen Instrument aber zwei getrennte Einstellungen des Zielpunkts notwendig sind. Aber zu den Entfernungsmessern *ohne* Latte, vor allem also zu den *militärisch* zu gebrauchenden Distanzmessern liefert das neue Instrument einen schönen und willkommenen Beitrag.

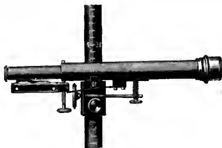


Fig. 5.

Daß man sich für größere Entfernungen, bei denen die *b*-Verschiebung um 1 *m* nicht ausreicht, mit Hülfe eines bekannten größern Höhenunterschiedes (an einem Gebäude, Turm, Baum) eine längere Basis verschaffen kann, wird vom Verf. ebenfalls noch erwähnt. Ist es z. B. bei einem Instrument mit $C = 10000$ (für $b = 1$ *m*) möglich gewesen, an einem Haus die Basis $b = 12{,}70$ *m* zu benutzen, so ist $C' = 127000$ zu setzen, also z. B. bei $n = 36{,}7$ die Entfernung dann $\frac{127000}{36{,}7} = 3470$ *m*. (Ob die Voraussetzung der Konstanz der Länge der Libellenblase auch noch ohne weiteres für die Zeit gemacht werden darf, die dann hier zwischen Lage *I* und Lage *II* des Fernrohrs verfließt?)

Bisher ist stillschweigend angenommen worden, der Höhenwinkel der zwei Zielungen *I* und *II* sei so klein, daß $\cos\alpha = 1$ gesetzt werden darf. Für militärische Zwecke wird denn auch die vorstehende Ableitung der Entfernung im allgemeinen stets genügen. Für geodätische (topographische) Anwendungen des Instruments wäre aber zu bemerken, daß, wenn in der (untern) Lage *I* die Ziellinie nach dem Punkt *P* gerichtet ist und in der (obern) Lage *II*, die um *b* vertikal verschoben ist, das Mikrometerintervall *n* abgelesen wird, wenn ferner α den Neigungswinkel der Fernrohrziellinie bei *I* und *II* und *C* die Konstante des Mikrometers für $b = 1$ bedeutet, die *schiefe* Entfernung bis zum Punkt *P* beträgt

$$s = \frac{C}{n} \cdot b \cdot \cos\alpha \qquad 3)$$

somit die Horizontaldistanz

$$e = \frac{C}{n} \cdot b \cdot \cos^2\alpha \qquad 4)$$

Man muß also α durch einen Neigungsmesser, der mit dem Instrument kombiniert wird oder freihändig gebraucht werden kann, messen und könnte zur Reduktion von $(C/n)b$, was einer Tabelle entnommen wird, auf *e* den Wildschen oder einen andern Tachymeterschieber gebrauchen.

Der Verf. erwähnt auch noch, daß ein Glasplättchen-Mikrometer auch auf dem Diaphragma des Fernrohrs eines andern Meßinstruments, z. B. eines Theodolits, befestigt werden kann, wodurch die Anwendung des Theodolits für seinen gewöhnlichen Zweck nicht gestört wird; er hat für diese Fälle einfache und doppelte (nämlich vertikal und horizontal liegende) Mikrometerteilungen angefertigt[1]. *Hammer.*

[1]) Die Preise dieser zum Einsetzen in ein vorhandenes Theodolit-Fernrohr bestimmten Mikrometer sind 25 und 40 M.; der Preis des in Fig. 5 dargestellten selbständigen Mikrometer-Entfernungs-

Projekt einer Uhrenanlage für die Kgl. Belgische Sternwarte in Uccle.
Von S. Riefler. gr. 8°. 27 S. München, Theodor Ackermann 1904.

Bei der projektierten Uhrenanlage handelt es sich im wesentlichen um die Synchronisierung von 8 nach Sternzeit und von 9 nach mittlerer Zeit gehenden Uhren, sowie um den Betrieb eines Chronographen. Außerdem sollten in den mit Sternzeituhren versehenen Beobachtungsräumen noch sogenannte Sekundenklopfer angebracht und für eine der Hauptuhren der zum elektrischen Aufzug erforderliche Strom geliefert werden.

Das Projekt zeichnet sich namentlich durch eine exakte Berechnung der für die verschiedenen Apparate nötigen Stromstärken bezw. Widerstände aus, sodaß weder elektrische Energie vergeudet wird, noch die Apparate stärkeren Strömen, als ihnen dienlich ist, ausgesetzt werden.

Von der Akkumulatorenbatterie, welche den Strom liefert und, wenn nötig, durch eine Reservebatterie ersetzt werden kann, gehen 8 Stromkreise aus, nämlich 4 für die Synchronisation der Uhren und je einer für den elektrischen Aufzug, für den Chronographen nebst Sekundenklopfern, für das Relais des Chronographen und für den Chronographentaster.

Die Spannung, welche die Batterie besitzen muß, ist natürlich gleich derjenigen, welche im Maximum von einem der Stromkreise erfordert wird. Die größte Spannung erforderte aber im vorliegenden Fall der Stromkreis des Chronographen. Denn wenn auch dieser Apparat einen Elektromagneten von nur 8 Ohm Widerstand besaß, während bei anderen Chronographen der Widerstand gewöhnlich 6-mal so groß ist, und die 5 in die Leitung eingeschalteten Sekundenklopfer nur einen Widerstand von je 4 Ohm hatten, so war doch andererseits für diese Leitung eine Stromstärke von 80 Milliampere nötig, sodaß die Spannung $28 \times 0{,}080 = 2{,}24$ Volt betragen mußte; es waren daher zwei Elemente zu wählen und die einzelnen Leitungen mit Vorschaltwiderständen zu versehen.

Würde der für die Anlage erforderliche Strom kontinuierlich und in immer gleicher Stärke verbraucht, so würde diese durchschnittliche Stärke gleich 26,5 Milliampere sein. Um die Batterie geladen zu halten, wird ihr daher ein dauernder Strom von dieser Stärke aus einem Starkstromnetz von 110 Volt Spannung zugeführt.

Von den 17 Uhren sind 4 Hauptuhren erster Ordnung, zwei nach Sternzeit und zwei nach mittlerer Zeit gehend. Je eine derselben dient zur Reserve. Drei waren schon vorhanden, die vierte, neu dazugekommene, ist eine Rieflersche astronomische Uhr mit luftdichtem Glasgehäuse, Nickelstahl-Kompensationspendel, freier Hemmung, elektrischem Aufzug und intermittierendem, am Räderwerk angebrachten und daher die Gleichförmigkeit der Pendelschwingungen nicht störenden elektrischen Sekundenkontakt, welcher den Strom je eine Sekunde lang geschlossen und offen hält. Durch Änderung des Luftdruckes in der Uhr kann ihr Gang beeinflußt und ihr Stand auf Null gehalten werden, was bei einer wie diese nach mittlerer Zeit gehenden Uhr, von der auch eine öffentliche Uhr synchronisiert wird, in der Tat erwünscht ist.

Bei den drei älteren Hauptuhren erster Ordnung und den beiden gleich zu erwähnenden Hauptuhren zweiter Ordnung ist, soweit sie nicht bereits mit einem geeigneten Kontakt versehen sind, der intermittierende Sekundenkontakt einzurichten.

Da auf dem Chronographenstreifen der Beginn einer neuen Minute gekennzeichnet werden muß, so fällt bei Sekunde 59 die Stromunterbrechung aus. Dem Auftreten eines Funkens bei der Stromunterbrechung wird durch einen aus einer Drahtspule von hinlänglich hohem Widerstand bestehenden Nebenschluß vorgebeugt; eine vollständige Stromunterbrechung findet daher überhaupt nicht statt.

messers (astronomisches Fernrohr mit 15-facher Vergrößerung, 20″-Libelle, $C = 10000$ für $b = 1$ *m*) ist 50 M. (mit terrestrischem Okular 10 M. mehr), dazu kommt der Preis des Zubehörs (Schieber mit Triebbewegung zum Ansetzen an den *b*-Stab; Stab selbst, zum Auseinanderschrauben, 2 *m* lang mit *cm*-Teilung; eisernes Drahtstativ zum Festhalten des Stabs) mit rund 32 M.

Die beiden selbständigen, nach Sternzeit bezw. mittierer Zeit gehenden Hauptuhren erster Ordnung regulieren, d. h. synchronisieren nur je eine Hauptuhr zweiter Ordnung, welche ihrerseits erst wieder die Regulierung der Nebenuhren besorgt. Die Hauptuhren erster Ordnung werden daher, mögen beliebig viele Nebenuhren ein- oder ausgeschaltet werden, immer unter denselben Bedingungen bleiben und keinerlei Störung erleiden.

Die zu synchronisierenden Uhren tragen am Pendelende einen Magnetanker, welcher bei der linken Elongation des Pendels über einen Elektromagneten zu stehen kommt, durch den alle zwei Sekunden, wenn das Pendel nach links schwingt, von der regulierenden Uhr ein Strom geschickt wird.

Die Nebenuhren könnten, wenn sie in trocknen Räumen stehen, selbst mit Holzpendeln versehen sein; sie besitzen Gewichtsaufzug mit achttägiger Gangzeit und werden am besten hinsichtlich ihres Ganges so reguliert, daß sie, selbständig gehend, täglich einige wenige Sekunden voreilen. Bei einer nicht allzulangen Stromunterbrechung behalten sie daher den richtigen Stand bei.

Von einer der nach Sternzeit gehenden Nebenuhren erhält auch das Relais des Chronographen seinen Strom, der also je eine ganze Sekunde geschlossen und offen ist; nur am Ende der vollen Minute bleibt der Strom drei Sekunden lang geschlossen. Der durch das Relais ausgelöste Strom des Chronographen zieht jede zweite Sekunde die Schreibfeder des Chronographen auf die Dauer von 1 Sekunde an, sodaß auf dem Papierstreifen eine gebrochene Linie aufgezeichnet wird. Hinter dem Chronographen sind noch fünf in den Beobachtungsräumen neben den Sternzeituhren angebrachte Sekundenklopfer eingeschaltet, deren Signale daher mit denen des Chronographen genau zusammenfallen; abgesehen von der persönlichen Gleichung müssen demnach die Beobachtungen mit Auge und Ohr und die mittels des Chronographen übereinstimmen. Da bei Sekunde 59 keine Stromunterbrechung stattfindet, so lassen die Sekundenklopfer die Sekunden 59 und 60 aus und erleichtern dadurch dem Beobachter das richtige Zählen, während allerdings das Schätzen der Bruchteile der Sekunde in dem Zeitintervall von Sekunde 58 bis Sekunde 1 einige Übung erfordert.

Neben jeder der synchronisierten Uhren befindet sich außerdem ein Milli-Amperemeter, welches in den die Synchronisierung besorgenden Stromkreis sich einschalten läßt und dann abwechselnd eine Sekunde lang die Stromstärke angibt und eine Sekunde lang auf Null oder vielmehr, da nach dem Obigen ein schwacher Strom stets durch die Leitung hindurchgeht, nahezu auf Null steht. Aus dem Umstand, daß bei Sekunde 59 der Ausschlag des Milli-Amperemeters nicht zurückgeht, kann man sofort erkennen, ob die Uhr die richtige Sekunde zeigt.

Um die Hauptuhren und auch die Nebenuhr, von welcher das Relais des Chronographen den Strom erhält, unter sich automatisch vergleichen zu lassen, kann das Relais in die Leitung der einen und der zur Tasterleitung gehörige Elektromagnet des Chronographen in die Leitung der anderen zu vergleichenden Uhr gelegt werden.

Die Umschalter sind auf den Schalttafeln so angeordnet, daß die, welche für eine bestimmte Schaltung gleichzeitig zu benutzen sind, unter einander stehen.

Eine Tabelle der Stromschaltungen und eine Zeichnung der ganzen Anlage tragen zum Verständnis des Projekts wesentlich bei. *Kn.*

Über eine Ursache der Veränderlichkeit von Kreisteilungen.

Von G. Bigourdan. *Compt. rend.* ***139.*** *S. 513. 1904.*

Bei den Kreisen mit feiner Teilung ist die letztere in der Regel in einen Silberstreifen eingeritzt, welcher in ein billigeres Material, Messing, Bronze oder Eisen, woraus der Kreis besteht, eingebettet ist. Messing und Bronze haben nahezu denselben Ausdehnungskoeffizienten wie Silber, bei 1° C. Temperaturerhöhung und 1 *m* Länge beträgt die Ausdehnung 20 μ, bei Gußeisen jedoch nur 11 μ. Für einen gußeisernen Kreis von 1 *m* Durchmesser mit Silbereinlage für die Teilung macht daher bei einer Temperaturverschiedenheit von 40° C., wie sie bei astronomischen Beobachtungen im Sommer und Winter vorkommt, die Ausdehnungs-

verschiedenheit längs der Peripherie 3,14 × 40 × 9 μ = 1,13 mm aus. Es findet demnach bei den extremen Temperaturen eine nicht unerhebliche Dehnung oder Zusammenpressung des Silberstreifens durch das härtere Metall statt, welche nur dann unschädlich bleibt, wenn das Gußeisen durchaus homogen ist und sich daher vom Mittelpunkt des Kreises aus in radialer Richtung gleichmäßig ausdehnt. Auch durch ungleichmäßige Befestigung der Silbereinlage in der eisernen Rinne kann eine tangentiale Verschiebung einzelner Partien des Silberstreifens bewirkt werden.

Da bei einem Kreis von 1 m Durchmesser der zu einer Bogensekunde gehörige Kreisbogen 2,43 μ lang ist, so darf, wenn die Teilstriche sich nicht um 0,1″ verschieben sollen, keine Stelle des Silberstreifens um 0,24 μ aus ihrer normalen Lage nach der Seite verschoben werden. Dieser Wert ist aber nur der 5000. Teil der Strecke, um welche der Silberstreifen bei den Schwankungen der Temperatur zwischen den Extremen zusammen gepreßt, bezw. auseinander gezogen wird, und es sind daher Kreisteilungsfehler, welche aus der besprochenen Ursache auftreten, gewiß mit Recht zu befürchten.

Aus diesem Grunde schlägt Verf. vor, als Material für die Kreise dasselbe Metall zu nehmen, in welches die Teilung eingerissen wird. Da Silber zu teuer sein würde, auch die in Silber eingerissenen Striche infolge der Schwärzung durch den Schwefelwasserstoff-Gehalt der Atmosphäre, besonders in großen Städten, leicht ein anderes Aussehen erlangen und dadurch zu einer unrichtigen Fadeneinstellung Anlaß geben, so weist Verf. auf Nickel und einige Nickelstahl-Sorten als geeignete Materialien für feine Teilkreise hin. *Kn.*

Über Temperaturmessung.

Von M. W. Travors, G. Senter und A. Jaquerod. *Chem. News* **86.** *S. 61. 1902; Zeitschr. f. phys. Chem.* **45.** *S. 385. 1903.*

Unter dem obigen zusammenfassenden Titel haben die Verfasser drei größere gasthermometrische Arbeiten erscheinen lassen, welche sich hinsichtlich der Messungen zwar wesentlich auf extrem tiefe Temperaturen beziehen, in den Schlußfolgerungen der Versuchsergebnisse aber für die Grundlagen der gesamten praktischen Temperaturmessung von großer Bedeutung sind. Dies hat seinen Grund darin, daß bei tiefen Temperaturen einerseits, im Gegensatz zu den höheren, die technischen Schwierigkeiten der Messung mit dem Gasthermometer weniger groß sind, andrerseits die Unterschiede der verschiedenen zur Füllung des Thermometers benutzten Gase hinsichtlich ihrer Abweichung vom Mariotte-Gay-Lussacschen Gesetz umso mehr hervortreten, je näher die Temperatur dem Kondensationspunkt sich befindet.

Die Grundlage der praktischen Temperaturmessung bildet bekanntlich, einem internationalen Abkommen gemäß, das Wasserstoffthermometer mit konstantem Volumen bei einem Anfangsdruck von 100 cm Quecksilber. Dieser ursprünglichen Festsetzung stehen jedoch, soweit sie sich auf den *Wasserstoff* als Meßgas bezieht und auf das Gebiet extremer Temperaturen sowohl nach oben wie nach unten ausgedehnt wird, nach dem Ergebnis der neueren Untersuchungen erhebliche Bedenken entgegen. In hohen Temperaturen ist nämlich der Wasserstoff wegen der dann auftretenden chemischen Reaktionen und der Diffusionserscheinungen bei Gefäßen aus Glas, Porzellan, Quarz und Platin nur in beschränktem Maße anwendbar; in tiefen Temperaturen jedoch ist man bereits bei der Grenze angelangt, bei welcher selbst die Angaben des Wasserstoffthermometers wegen der Nähe des Kondensationspunktes an Zuverlässigkeit einbüßen. Für die Messung hoher Temperaturen hat man deswegen dem *Stickstoff* den Vorzug gegeben.

Glücklicherweise ist das *Helium* ein Stoff, welcher in gasthermometrischer Hinsicht die guten Eigenschaften des Wasserstoffs besitzt und als ein vom Mariotte-Gay-Lussacschen Gesetz so wenig abweichendes Gas zu betrachten ist, daß es bis zu den tiefsten bis jetzt erreichten Temperaturen als Füllung des Gasthermometers angewendet werden kann. Die großen Hoffnungen, welche man bis vor kurzem auf die Verwendung des Heliums in Verbindung mit einem Gefäß aus geschmolzenem Quarz für die Messung hoher Temperaturen

setzte, haben sich jedoch nicht erfüllt; denn A. Jaquerod und L. Perrot (vgl. das weiter unten stehende Referat) haben jüngst beobachten können, daß das *Helium* durch Gefäße aus Silizium in Temperaturen über 200° mit merklicher Geschwindigkeit hindurch diffundiert.

Die Untersuchungen der vorliegenden Arbeiten erstrecken sich nun zunächst auf die Bestimmung der Druckkoeffizienten von Wasserstoff und Helium zwischen 0° und 100° C. Das Ergebnis dieser Messungen (Anfangsdruck: 700 *mm*) ist folgendes:

	Beobachtete Ausdehnungskoeffizienten		Mittel
Wasserstoff:	0,00366261	0,00366252	0,00366256
Helium:	0,00366241	0,00366270	0,00366255.

Aus der vollständigen Gleichheit der Ausdehnungskoeffizienten, deren Wert sich übrigens in vollkommener Übereinstimmung mit dem von Chappuis ermittelten Betrag 0,00366254 für Wasserstoff befindet, ergibt sich die Identität der Wasserstoff- und Helium-Temperaturskale zwischen 0° und 100°, ein für die Thermometrie äußerst wichtiges Resultat.

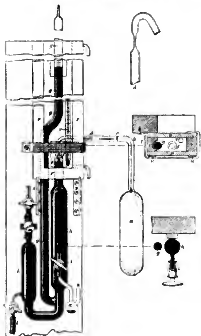


Fig. 1.

Das zu diesen Versuchen benutzte Gasthermometer (mit konstantem Volumen) ist in beistehender Fig. 1 abgebildet. Mit *a* ist das Gasgefäß bezeichnet, welches aus einem von C. E. Müller & Co. in High-Holborn bezogenen Natronglas hergestellt war, rund 94 cm^3 faßte, einen Druckkoeffizienten von 0,0017 cm^3 pro Atmosphäre und einen Ausdehnungskoeffizienten von 0,0000285 besaß, der nach der Gewichtsdilatometer-Methode bestimmt wurde. Die Glaskapillare *b* hatte eine lichte Weite von 0,75 *mm* und endigte im „schädlichen Raum" *f*. Der letztere trug als Einstellmarke eine undurchsichtige Glasspitze *c*, wie sie schon vor mehr als zehn Jahren von Wiebe und Böttcher (*diese Zeitschr.* **10.** *S. 16. 1890*) angewandt worden ist. Der Durchmesser des kurzen Schenkels betrug nur 9 *mm*; in Anbetracht der dann vorhandenen Unsicherheit des Quecksilbermeniskus mußten daher bei jeder Einstellung Messungen der Kuppenhöhe vorgenommen werden. Das Volumen des schädlichen Raumes bis zur Spitze war 0,4 cm^3; jedoch wurde nicht auf die Spitze, sondern etwas darunter eingestellt und der Abstand der Quecksilberkuppe von der Spitze kathetometrisch gemessen. Um zu vermeiden, daß Quecksilber aus dem kurzen Schenkel in das Gefäß hinüber destillierte, war in die Kapillare zwischen *c* und *d* eine Erweiterung eingeschmolzen, welche eine enggewundene Spirale aus Silberdraht enthielt.

Unterhalb des schädlichen Raumes war das weitere Glasrohr *h* angeschmolzen, welches eine seitliche Abzweigung trug, die bei *i* durch einen Glashahn mit kapillarer Bohrung verschlossen werden, und durch welche bei *x* das Meßgas eingeleitet werden konnte. Mit dem Rohr *h* kommunizieren das Manometerrohr *g* und das Rohr *k*, in welches das Quecksilber aus einem Behälter mittels des Gummischlauchs *l* und des Glashahnes *n* eintritt. Etwa mitgerissene Luftblasen sollen durch einen weiteren Glashahn oberhalb des Quetschhahns *m* abgelassen werden. Der letztere dient zur Feineinstellung des Quecksilbermeniskus im kurzen Schenkel. Das Manometerrohr *g* ist in der aus Fig. 1 ersichtlichen Weise gebogen und am oberen Ende, nachdem es sorgfältig evakuiert war, geschlossen. Hierdurch wird die

Messung unabhängig vom Luftdruck, also die Barometerablesung, welche sonst additiv zu den Ablesungen am eigentlichen Gasthermometer hinzutritt, überflüssig.

Auf die Fehlerquellen dieser Anordnung soll weiter unten eingegangen werden. Hier ist noch auf eine, wie dem Ref. scheint, äußerst wichtige Verbesserung die Aufmerksamkeit zu lenken: da nämlich eine hinreichend genaue Bestimmung der Temperatur sowohl des schädlichen Raumes, wie auch der Quecksilberhöhe im manometrischen Schenkel mit ziemlichen Schwierigkeiten verknüpft ist, beschlossen die Verf., diese Teile des Apparates in ein Wasserbad einzuschließen, wie dies aus Fig. 1 ersichtlich ist. Hier bedeuten *o* und *p* zwei Spiegelglasplatten, welche mit den hölzernen Seitenwänden und Böden *r r* wasserdicht verkittet sind. Diese Vorrichtung ruhte auf dem Messingkonsol *s s*. Das Wasser floß durch die seitlichen Rohrstutzen *w*. Hierdurch konnte man bewirken, daß die Temperatur der in Betracht kommenden Teile des Gasthermometers auf 0,02° die gleiche war. Auf die vordere Glasplatte *p* war die Skale aufgekittet (wenn der Ref. recht verstanden hat; *S. 420* der *Zeitschr. f. phys. Chem.* heißt es: sie bildete „die erste Oberfläche des Wassermantels"); diese war im *National Physical Laboratory* auf Teilungsfehler untersucht worden.

Obwohl die gute Übereinstimmung der beobachteten Werte der Ausdehnungskoeffizienten u. s. w. es unwahrscheinlich macht, daß merkliche Fehler die Beobachtungen beeinflußt haben, erscheint es doch wünschenswert, auf einige prinzipielle Mängel des im vorstehenden beschriebenen Gasthermometers aufmerksam zu machen. Die Verbindung des Barometers mit dem Gasthermometer gibt nämlich, da ja bei den größeren Änderungen des Druckes stets neues Quecksilber in das Barometerrohr gelangt, zu der Gefahr Anlaß, daß ein scharfes barometrisches Vakuum auf längere Zeit nicht aufrecht erhalten werden kann. Das vor dem Gebrauch vorgenommene und bei Barometern übliche Auskochen des Manometerrohres hat also dann wohl seinen Zweck verfehlt. Auch die Verwendung von Kautschukschlauch sollte bei reinem Quecksilber vermieden werden; Chappuis z. B. benutzte eine biegsame Stahlröhre, Wiebe und Böttcher haben durch eine andere Anordnung die sonst notwendige Bewegung des Quecksilberbehälters überhaupt vermieden.

Die Endresultate der Untersuchungen sind bereits mitgeteilt; jeder Wert ist aus höchstens drei Eis- und drei Siedepunktsbeobachtungen hergeleitet. Versuche über die Abhängigkeit der Druckkoeffizienten für Wasserstoff und Helium vom Anfangsdruck ergaben, daß unterhalb 100 *cm* Quecksilberdruck der Wert praktisch unabhängig vom Anfangsdruck ist.

Über die Herstellung von reinem Wasserstoff und Helium wird in den den Abhandlungen angehängten Notizen folgendes mitgeteilt: *Wasserstoff* ist am besten durch Hindurchleiten (unter vermindertem Druck) durch eine in flüssigen Wasserstoff tauchende Kugel zu reinigen und zu trocknen, da bei der Temperatur des flüssigen Wasserstoffs alle in Betracht kommenden Verunreinigungen kondensiert werden. Für die vorliegenden gasthermometrischen Zwecke wurde das Gas aus reinem platinierten Zink und verdünnter Schwefelsäure gewonnen, durch Kaliumpermanganat und Phosphorpentoxyd geleitet und in einer durch einen Glashahn verschließbaren Röhre mit Palladiumschwamm aufgefangen. Vor dem Einfüllen in das Gasthermometer wurde das Gas durch eine in flüssige Luft getauchte Röhre geleitet. Bei der Herstellung von reinem *Helium* ist es besonders schwierig, die verwandten Edelgase Krypton, Argon und Neon abzuscheiden. Da das aus der Bath-Quelle seiner Zeit von Dewar gewonnene Helium etwa 7,4 % Neon enthielt — hiermit hatte Dewar auch einen Teil der in *dieser Zeitschr.* **21.** *S. 233. 1901* referierten Messungen ausgeführt — benutzten die Verf. das aus dem Mineral Cleveït hergestellte Gas, welches von Neon fast völlig frei ist, aber Argon und Krypton enthält. Die letzteren Gase konnten jedoch mit Hülfe des in Fig. 2 abgebildeten Apparates durch Fraktionierung bei der Temperatur des siedenden Wasserstoffs getrennt werden; 180 cm^3 des Gases wurden auf diese Weise durch je dreimaliges Hindurchleiten durch die in flüssigen Wasserstoff getauchte Spirale in vier Fraktionen geteilt. Nur die erste und die zweite wurde für die gasthermometrischen Messungen benutzt; die vierte bestand übrigens größtenteils aus Stickstoff, nach dessen Entfernung eine Mischung aus Argon und Krypton von 0,5 cm^3 verblieb.

Mit Thermometern der oben beschriebenen Konstruktion wurden zunächst die Dampfdrucke des flüssigen Sauerstoffs in Temperaturen zwischen rund 91° und 77° abs. gemessen. Da sich Schwierigkeiten ergeben hatten, die Temperatur einer Thermometerkugel vom angegebenen Volumen hinreichend konstant zu erhalten, wurden drei Instrumente mit kleineren Gefäßen (12; 26; 27 cm^3) benutzt. Dies ist bei der Messung tiefer Temperaturen eine große Erleichterung, da die Dichte des Gases im schädlichen Raum *relativ* so klein wird, daß die Masse größtenteils ganz und gar vernachlässigt werden kann. Dagegen ist hier die Temperatur des herausragenden Teiles der Kapillare von Einfluß; sie wurde, wie es auch sonst öfters geschehen ist, durch ein besonderes Gasthermometer mit zylindrischem Gefäß gemessen.

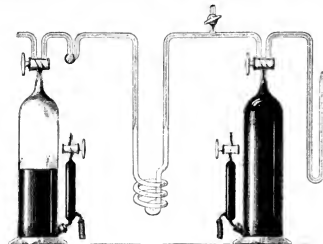


Fig. 2.

Als Thermostat für diese Versuche diente ein Bad von siedendem Sauerstoff in einem Vakuumgefäß, welches in einem mit flüssiger Luft gefüllten äußeren Vakuumgefäß stand. Zur Vermeidung von Siedeverzügen wurde ein Wasserstoffstrom durch den flüssigen Sauerstoff geschickt. Zur Messung der Dampfspannung benutzte man natürlich nicht den Sauerstoff des Bades, sondern ein besonders reines Präparat, das durch Erhitzen von Kaliumpermanganat erhalten war und sich in dem einen Schenkel eines geschlossenen Quecksilbermanometers befand. Dieser tauchte neben dem Gefäß des Gasthermometers in das Sauerstoffbad ein.

Druck in mm Hg	Absolute Temperatur	
	Wasserstofftherm.	Heliumtherm.
150	77,07	77,17
200	79,07	79,17
250	80,70	80,80
300	82,09	82,19
350	83,31	83,41
400	84,39	84,49
450	85,37	85,47
500	86,29	86,39
550	87,13	87,23
600	87,91	88,01
650	88,65	88,75
700	89,33	89,43
750	89,97	90,07
800	90,60	90,70

Die Temperaturen wurden sowohl mit Wasserstoff- wie mit Heliumfüllung des Gasthermometers gemessen. Die ausgeglichenen Werte sind in der vorstehenden Tabelle mitgeteilt.

Nach diesen Beobachtungen würde also bei einem Anfangsdruck von 100 *cm* Quecksilber beim Schmelzpunkt des Eises zwischen den Temperaturskalen des Wasserstoff- und des Heliumthermometers mit konstantem Volumen bei der Siedetemperatur des Sauerstoffs ein Unterschied von 0,1° vorhanden sein.

In der nämlichen Weise wurde die Dampfdruckkurve des verflüssigten Wasserstoffs bestimmt. Hier diente als Bad ein mit siedendem Wasserstoff gefülltes Vakuumgefäß, in welchem sich die Thermometerkugel sowie der reinen Wasserstoff enthaltende Schenkel des Manometers zur Bestimmung des Dampfdrucks befanden. Bei flüssigem Wasserstoff pflegen — vermutlich wegen der darin enthaltenen Teile fester Luft — Siedeverzüge nicht aufzutreten; dagegen ist es notwendig, das Gefäß zu bedecken, um ein zu schnelles Fortsieden durch Hineinfallen fester Luftteilchen höherer Temperatur zu vermeiden. Der Wasserstoff wurde mit Hülfe eines Traversschen Verflüssigers kondensiert (vgl. das Referat in *dieser Zeitschr.* **21.** *S. 213. 1901*). Es war ferner eine Vorrichtung vorhanden, mittels einer kräftig wirkenden, durch einen einpferdigen Motor getriebenen „Fleuß"-Pumpe den Wasserstoff des Bades unter vermindertem Druck sieden zu lassen. Die Dampfdrucke bei verschiedenen Temperaturen sind die folgenden:

Druck in mm Hg	Absolute Temperatur	
	Wasserstofftherm.	Heliumtherm.
50	—	14,11
100	14,93	15,14
150	15,74	15,95
200	16,37	16,58
250	16,90	17,11
300	17,36	17,57
350	17,78	17,98
400	18,15	18,35
450	18,50	18,70
500	18,82	19,03
550	19,13	19,33
600	19,41	19,61
650	19,68	19,87
700	19,93	20,12
750	20,17	20,36
800	20,41	20,60

Danach besteht zwischen Helium- und Wasserstoffthermometer beim Siedepunkt des Wasserstoffs ein Unterschied von fast genau 0,2°, um welchen Betrag das Heliumthermometer höher zeigt.

Der hier gefundene Wert des Wasserstoff-Siedepunktes weicht nur um wenige zehntel Grad von dem von Dewar früher ermittelten ab (vgl. das Referat in *dieser Zeitschr. a. a. O.*).

Der Schmelzpunkt des Wasserstoffs wurde auf folgende Weise beobachtet. In einer mit einer Quecksilberpumpe in Verbindung stehenden Glasröhre, welche verflüssigten reinen Wasserstoff enthielt, befand sich ein feiner, in den flüssigen Wasserstoff eintauchender Glasstab, der an seinem oberen Ende ein Stückchen Eisendraht trug. Außen war an dieser Stelle um die Glasröhre eine Wickelung von isoliertem Draht gelegt, welche bei Stromdurchgang wie ein Solenoid wirkte. Die ganze Vorrichtung konnte in das Bad verflüssigten Wasserstoffs getaucht werden, das auch das Gasthermometergefäß enthielt. War die Temperatur des Bades auf 14,2° abs. gefallen, und verminderte man den Druck im Innern der Glasröhre auf 49 bis 50 *mm*, so wurde der Glasstab bei Stromschluß nicht mehr aus dem

dann offenbar fest gewordenen Wasserstoff gezogen. Sichtbare Teile von festem Wasserstoff wurden jedoch nicht bemerkt. Auf diese Weise konnte die Schmelztemperatur, 14,1° abs. (Heliumskale), und der Schmelzdruck gleichzeitig gemessen werden.

Es gelang ferner, den Dampfdruck des festen Neons auf die nämliche Weise zu bestimmen. Die beobachteten Werte sind

12,8 *mm* Quecksilber bei 20,4° abs. (Heliumskale)
2,4 „ „ „ 15,6,° „ „

Endlich ist noch ein vergeblicher Versuch erwähnenswert, Helium zu verflüssigen, wobei das Gas auf 60 Atmosphären zusammengedrückt und einer Temperatur von etwa 13° abs. ausgesetzt wurde, welche man durch Sieden des Wasserstoffs bei 5 *mm* Druck erhielt. Dies ist wohl als die tiefste zur Zeit erreichte Temperatur anzusehen. Zugleich zeigt dieser Versuch, wie viel geeigneter das Helium als Meßgas des Gasthermometers ist als Wasserstoff.
Rt.

Fester Wasserstoff.

Von M. W. Travers. *Zeitschr. f. phys. Chem.* **49.** *S. 224. 1904.*

Nachdem es gelungen war, den Schmelzpunkt des Wasserstoffs festzulegen (vgl. das vorstehende Referat), während eine direkte Kristallisation o. dgl. nicht beobachtet werden konnte, werden in der vorliegenden Arbeit weitere dahingehende Versuche mitgeteilt. Danach wurde der Wasserstoff zunächst pastenartig fest, verdampfte in diesem Zustand bei hinreichendem Unterdruck ziemlich schnell, bis ein 3 *cm* langer und 2,5 *cm* hoher Hohlzylinder übrig blieb. „Dieser hatte das Aussehen eines Eisblättchens, das teilweise getaut war und aus durchsichtigen Körnern bestand, die durch dünnere und weniger durchsichtige Teile von festem Körper verbunden waren. Kristalle konnten bei keinem der drei Versuche, die ausgeführt wurden, beobachtet werden.“ Die Konstanz des Schmelzdrucks und der Schmelztemperatur läßt jedoch vermuten, daß es sich um eine kristallinische Bildung festen Wasserstoffs handelt.
Rt.

Helium als thermometrische Substanz und seine Diffusion durch Silizium.

Von A. Jaquerod und L. Perrot. *Compt. rend.* **139.** *S. 789. 1904.*

In dieser Arbeit wird kurz die Beobachtung mitgeteilt, daß Helium in höheren Temperaturen durch Silizium hindurch diffundiert. Die Diffusionsgeschwindigkeit ist näherungsweise dem Gasdruck proportional. Nach sechsstündigem Erhitzen eines mit Helium (aus Cleveït gewonnen) gefüllten Gefäßes aus geschmolzenem Quarz auf 1100° war der Druck von 212 *mm* Quecksilber auf 32 *mm* gefallen. Die Diffusion ist auch bei beginnender Rotglut (500°) beträchtlich und schon bei 220° deutlich merklich.

Dieses Ergebnis ist für die Pyrometrie von großer Bedeutung; denn es scheint danach, daß die noch bis vor kurzer Zeit herrschende Ansicht, im Helium ein geeignetes Meßgas für hohe Temperaturen zu besitzen, nicht zutreffend ist. Demnach scheint auch Stickstoff vorläufig noch allein brauchbar zu sein, die Skale des Gasthermometers in hohen Temperaturen zu verwirklichen.
Rt.

Die stereophotogrammetrische Bestimmung der Lage eines Punktes im Raume.

Von A. Schell. gr. 8°. 37 S. m. 3 Taf. Wien, L. W. Seidel & Sohn 1904.

Verf. beginnt mit einer elementaren, durch Figuren erläuterten Entwickelung der geometrischen Grundlagen der Stereophotogrammetrie für parallele Achsen der Objektive der Phototheodolite und für eine geneigte Basis. Bei diesen Aufnahmebedingungen liefert die Horizontalprojektion der Basis die horizontalen Parallaxen, die zur Bestimmung der Entfernung der einzelnen Punkte von der Basis benutzt werden. Gleichzeitig entstehen aber auch vertikale Parallaxen, deren Betrag von der Größe der vertikalen Projektion der Standlinie abhängig ist, und die nur bei streng horizontaler Basis verschwinden, dann aber für

alle Punkte des Raumes gleichzeitig; diese vertikalen Parallaxen werden mit Hülfe der Höhenverstellungsschraube des Stereokomparators für die Messung unschädlich gemacht. An diese geometrische Einleitung schließt sich eine ausführliche Beschreibung des Stereokomparators, in dessen Eigenart sich der Verf. offenbar mit viel Interesse eingearbeitet hat, sowie ferner Anweisungen über die Justierung und die Ausmessung der Platten. In einem Punkt glaubt Ref. dem Verf. widersprechen zu sollen: die Messung der stereoskopischen Parallaxe eines Punktes geschieht vorwiegend mit beiden Augen, also unter Benutzung des räumlichen Effektes; nur in den seltenen Fällen, wo der räumliche Anblick energisch gestört oder gänzlich vereitelt wird (z. B. wenn genau vor dem zu messenden Punkte ein auffallendes, aber sehr viel näheres Objekt vorhanden ist, das die Augenachsen immer wieder auf sich zwingt), hilft man sich in der Weise, daß man in jedem Gesichtsfeld einzeln das Objekt mit einem bestimmten Teile der Marke zur Deckung bringt.

Auch in der darauffolgenden sehr eingehenden Fehlerdiskussion wird die Einstellung der Marke mit beiden Augen nur als Notbehelf hingestellt, während nach den reichen, in Jena bei Gelände-, Wolken- und Seebildern gewonnenen Erfahrungen das binokulare Meßverfahren auch dann noch zuverlässige Ergebnisse liefert, wenn das monokulare versagt, z. B. bei der Messung von entfernten Waldrändern, bei der Bestimmung der Höhenkurven auf anscheinend durchaus einförmigen Wiesen und Feldern, sowie endlich bei der Messung der Rauchwolken von Dampfern auf See. Den Schluß bilden Vorschläge zur experimentellen Bestimmung der Messungsgenauigkeit mit Hülfe von künstlichen, im Gelände angebrachten Marken, deren gegenseitige Lage sowohl trigonometrisch wie stereoskopisch zu bestimmen ist.

Pulfrichs grundlegende Abhandlung über die Stereophotogrammetrie sowie die hervorragenden Erfolge der stereophotogrammetrischen Aufnahmen von Hübls sind nicht erwähnt, sodaß ein unbefangener Leser eine erstmalige fundamentale Darstellung der stereophotogrammetrischen Bestimmung der Lage eines Punktes im Raume vor sich zu haben glaubt. *Lö.*

Goniometer zur Messung künstlicher Kristalle in ihren Lösungen.

Von H. A. Miers. *Zeitschr. f. Krystallogr. u. Miner.* **39.** *S. 223. 1904.*

Das für den vorliegenden Zweck konstruierte Instrument (Fig. 1) ist in der Hauptsache nichts anderes als ein Reflexions-Goniometer mit den gebräuchlichen Einrichtungen, bei dem jedoch der Kristallträger *K*, ähnlich wie bei einem Achsenwinkelapparat, nach unten statt nach oben gerichtet ist. Der Kristallträger besitzt die übliche Zentrier- und Justiereinrichtung, erstere in etwas vereinfachter Art, Hoch- und Tiefstellung, und ist außerdem allein und in Verbindung mit dem Teilkreis zu drehen. Der Kollimator *C* ist fest, während das Fernrohr *F* mit dem Teilkreis bezw. der Alhidade gedreht werden kann. Da das Fernrohr zur direkten Beobachtung der Kristalle auch in ein Mikroskop umgewandelt werden kann, so besitzt dasselbe Zahn- und Triebbewegung zur Scharfeinstellung.

Zur Messung eines in der Lösung wachsenden Kristalles wird derselbe an einer kleinen Pinzette von starkem Platin-Draht oder -Band befestigt, sodaß der Kristall, wenn er weiterwächst, die Schlinge umhüllt und letztere dadurch dem Kristall einen sicheren Halt verleiht. Das die Lösung enthaltende Glasgefäß *G* ist quadratisch mit planparallelen Wänden. Vor Beginn einer Messung muß mittels der Gaußschen Spiegelmethode eine (die benachbarte) Fläche des Glastroges senkrecht zur Achse des Beobachtungsfernrohres *F* gestellt werden; zu diesem Zweck ist das Tischchen des Glasgefäßes mit drei Justierschrauben, wie bei Spektrometertischen, versehen. *T* ist ein Thermometer zur Bestimmung der Temperatur der Lösung in *G*.

Für gewisse Zwecke bei der Messung der Kristalle während des Wachstums wird das Fernrohr noch mit einem besonderen *Meßokular M* ausgestattet. Während des Wachstums lassen sich Messungen nur in einer einzigen Zone vornehmen, und es ist nicht gut angängig, die Justierung dieser Zone während einer Messungsreihe zu ändern. Das neue Okular gestattet

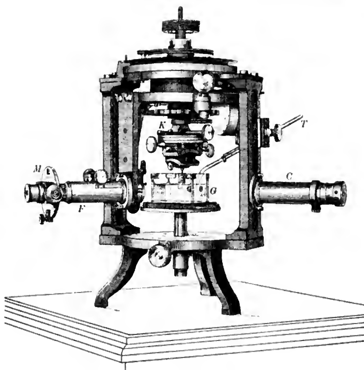


Fig. 1.

nun, die Verschiebung des Signalbildes in jeder beliebigen Richtung innerhalb des Fernrohr-Sehfeldes zu messen. Es sei eine Kristallfläche so justiert, daß das diagonal gestellte quadratische Kollimatorsignal *O* (Fig. 2) mit dem Fadenkreuz koinzidiert und während des Wachstums ändere sich die Lage der Fläche um ein geringes, sodaß deren Reflexbild sich aus der horizontalen Zone *CO* nach *P* bewegt hat. Es genügt nun, die Distanz *CO* und den Winkel, den *OP* mit dem horizontalen Faden *CC* bildet, zu messen. Hierfür besitzt das Okular den durch die Meßschraube *S* beweglichen Faden *MM*; die Zahnskale *L* registriert die vollen Umdrehungen von *S*. Außerdem kann der Faden *MM* bezw. die ganze Mikrometereinrichtung um einen in Grad geteilten Ring gedreht und die Drehung am Nonius *V* abgelesen werden. Die Schraube *R* dient zur Arretierung der Kreisdrehung. *C. L.*

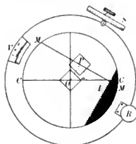


Fig. 2.

Untersuchungen über die 10-Kerzen-Pentanlampe von Harcourt.

Von C. C. Paterson. *The Electrician* **53.** *S. 751. 1904.*

Diese Lampe, welche seit 1898 auf Veranlassung der „*Gas Referees*“ in London von den dortigen Gasprüfungsämtern an Stelle der englischen Kerze benutzt wird, ist vom Verf. auf ihre Abhängigkeit von der Feuchtigkeit und dem Barometerstande geprüft. Diese Untersuchungen sind analog denjenigen, die Ref. vor etwa 10 Jahren mit Bezug auf die Hefner-

lampe und die 1-Kerzen-Pentandochtlampe von **Harcourt** ausgeführt hat (vgl. *diese Zeitschr.* **15.** *S. 157. 1895*).

Das Versuchsergebnis des Verf. ist folgendes: Bezeichnet man

die Anzahl Liter Wasserdampf auf 1 *cbm* trockene kohlensäurefreie Luft mit x,
den Barometerstand mit b,
die Lichtstärke der Lampe bei $x = 10\ l$ und $b = 760\ mm$ mit 10,
die Lichtstärke bei der Feuchtigkeit x und dem Barometerstand b mit y,

so gilt für x von 5 bis 20 l und für b von 739 bis 780 *mm* die Gleichung

$$y = 10 + 0{,}066\,(10 - x) + 0{,}008\,(b - 760).$$

Ändert sich x um 1 l, so ändert sich die Lichtstärke um etwa 0,7 %; bei der Hefnerlampe und Pentandochtlampe betrug diese Änderung etwa 0,6 %, also rund ebenso viel wie bei der 10-Kerzenlampe.

Eine Änderung des Barometerstandes um 10 *mm* veranlaßt eine Änderung der Lichtstärke um etwa 0,8 %; die entsprechende Änderung ist für die Hefnerlampe und die Pentandochtlampe etwa 0,1 bezw. 0,5 %. *Lb.*

Differentialgalvanometer nach dem d'Arsonval-Typus.

Von J. C. **Shedd.** *Phys. Rev.* **19.** *S. 301. 1904.*

Das hier in einem kurzen Auszug beschriebene Differentialgalvanometer nach dem Drehspulensystem wurde hergestellt, indem Verf. die Spule eines **Rowland**schen **d'Arsonval**-Galvanometers durch eine solche mit doppelten Windungen ersetzte; zu diesem Zweck wurde auf einen kleinen hölzernen Rahmen ein Doppeldraht aufgewunden. Als Zuleitung für die eine Spule diente die obere und untere Aufhängung des ursprünglichen Instruments, der zweiten Spule wurde der Strom durch zwei besondere, unterhalb der Spule angebrachte Spiralen zugeführt. In diesem Fall besitzt die erste Spule eine halbe Windung mehr als die zweite; um die dynamische Wirkung beider Spulen gleich zu machen, wurde daher diese halbe Windung in der Aufhängungsachse geführt, sodaß sie dynamisch nicht in Betracht kam. Bei Gegeneinanderschaltung beider Spulen zeigte dann das Galvanometer keine Ablenkung[1]. Verf. weist nach, daß die Ablenkung bei verschieden starken Strömen für beide Spulen nahe gleich groß ist. In einer Nachtragsnote wird angegeben, daß schon früher von **Ledeboer** und **Carpentier** ebenfalls ein Differentialgalvanometer nach dem Drehspulensystem konstruiert worden ist, bei dem aber zwei getrennte Rollen auf gemeinsamem Rahmen montiert waren (*Lumière électrique 1889. S. 545*).

Leider ist nichts über die Empfindlichkeit des Instruments mitgeteilt; da durch die beim Differentialgalvanometer notwendige vierfache Stromzuführung die Direktionskraft gegenüber einem Instrument mit einfacher Spule wesentlich erhöht ist, so muß auch die Empfindlichkeit desselben geringer sein (vgl. *diese Zeitschr.* **23.** *S. 354. 1903*). *W. J.*

Apparate zur Messung schwacher und starker Wechselströme.

Von W. **Duddell.** *Phil. Mag.* **8.** *S. 91. 1904.*

Duddell benutzt zur Messung von Wechselströmen die Wärmewirkung derselben. Der erste der beschriebenen Apparate beruht auf einem von **Ayrton** und **Perry** angegebenen Prinzip. Zwei Drähte aus Platinsilber von 0,025 *mm* Durchmesser sind miteinander verdrillt und zwar die Stücke AB und CD (Fig. 1) in entgegengesetzter Richtung. In der Mitte zwischen B und C ist ein kleiner Spiegel M und ein Dämpferblättchen aus dünnem Glimmer angebracht. Um die Einflüsse der schwankenden Temperatur der Umgebung zu kompensieren, ist das verdrillte System zwischen zwei einfachen Drähten WW aus demselben Material ausgespannt. Die Enden sind einerseits im Metallstück T_1 und andererseits im

[1] Es ist übrigens nicht in allen Fällen nötig, daß die beiden Spulen Wirkungsgleichheit haben: vgl. *diese Zeitschr.* **24.** *S. 288. 1904.* D. Ref.

Ebonitklotz E festgeklemmt. Der Klotz E wird durch die mit AD leitend verbundene Spiralfeder S gegen das Metallstück T_2 gezogen. T_1 und T_2 dienen als Zuleitungen des Stromes, der das verdrillte System durch die erzeugte Wärme aufdrillt; über die Empfindlichkeit vgl. die Tabelle.



Fig. 2.

Bei dem zweiten Instrument durchfließt der zu messende Strom einen Widerstand h passender Größe (Fig. 2); die in letzterem erzeugte Wärmemenge wird durch das von Boys angegebene Radiomikrometer gemessen (vgl. z. B. *diese Zeitschr.* **21.** *S. 27. 1901*). Dasselbe besteht aus einem mit Polschuhen NS versehenen permanenten Magneten, zwischen dessen Polen an einem Quarzfaden eine Drahtschleife l aufgehängt ist; diese Schleife trägt an ihrem unteren Ende ein Thermoelement aus Antimon-Wismut. Mittels eines am Glasstäbchen g befestigten Spiegels M werden die Ablenkungen des beweglichen Systems gemessen.

Fig. 1.

Die Ablenkungen sind dem Quadrat des zu messenden Stromes nahezu proportional. Eine Ablenkung von 500 Skalenteilen wurde in 10 Sekunden bis auf 2 Promille ihres Wertes erreicht. Der Apparat soll auch für Ströme sehr hoher Periodenzahlen (100 000 in der Sekunde) richtige Resultate liefern. Je nach der Größe des zu messenden Stromes sind die Abmessungen des Heizwiderstandes verschieden zu wählen. Um große Stromempfindlichkeiten zu erzielen, wurden Widerstände aus Blattgold und aus platiniertem Glas (Kundtsche Widerstände) versucht. Die folgende Tabelle gibt die Empfindlichkeiten der im vorherigen besprochenen Apparate.

Tabelle für 250 *mm* Ausschlag bei 1000 *mm* Skalenabstand.

Apparat	Widerstand in Ohm	Strom in Mikroamp	Klemmenspannung in Millivolt	Verbrauchte Leistung in Mikrowatt
Thermogalvanometer mit Goldblattwiderstand	18	800	14,4	11,5
„ „ Platinwiderstand	103	346	35,6	12,3
„ „ „	202,5	275	55,6	15,3
„ „ „	363	231	84	19,4
„ „ „	1071	121	130	15,7
„ „ „	3367	88	296	26,0
„ „ „	13910	31	431	13,9
Galvanometer mit verdrilltem Draht	20	22000	440	9680

Man erkennt daraus unschwer die Überlegenheit des Thermogalvanometers.

Diese Resultate veranlaßten den Verf., auch ein direkt zeigendes Thermogalvanometer zu konstruieren. An Stelle des Radiomikrometers wurde ein gewöhnliches Präzisionsinstrument gesetzt, dessen Drehspule durch ein Thermoelement geschlossen war. Zwei nach diesem Prinzip gebaute Apparate besaßen folgende Empfindlichkeiten:

man erhielt den vollen Skalenausschlag

bei Nr. 1 für 0,1 Amp. bei 2 Volt Klemmenspannung,
„ „ 2 „ 2,0 „ „ 0,15 „ „ .

Apparat Nr. 2 kann mit Nebenschluß zur Messung starker Ströme verwandt werden. Bei einem Nebenschluß für 1000 Ampere beträgt der Eigenverbrauch des Apparates nur 150 Watt. Ein großer Vorteil der Methode besteht darin, daß man ähnlich, wie bei Gleichstrom mit *einem* Thermogalvanometer und einer Reihe von Heizwiderständen ein großes Strommeßbereich umfaßt.

E. O.

Über einen „Dampf"-Unterbrecher.

Von K. R. Johnson. *Compt. rend.* **139.** *S. 477. 1904.*

Der Unterbrecher von Johnson ist ein Lochunterbrecher nach Simon oder Wehnelt in großen Dimensionen Auf einen Trichter, dessen Rohr 7 *mm* weit und 10 *mm* lang ist, wird ein Zylinder von 75 *mm* Durchmesser konachsial aufgeschoben und am Rand des Trichters festgekittet. Das Ganze wird umgekehrt in ein mit einer Mischung aus Alaun und Schwefelsäure gefülltes Becherglas gestellt. Werden innerhalb und außerhalb des Zylinders Aluminiumelektroden eingeführt, an die eine Spannung von 110 Volt gelegt wird, so bildet sich im Trichterrohr eine Dampfblase, die den Strom unterbricht, bis sie sich im oberen Zylinder kondensiert hat. Dieser Unterbrecher funktioniert sehr langsam und erfordert keine Selbstinduktion im Stromkreise wie die Unterbrecher von Wehnelt und Simon.

E. O.

Der magnetische Widerstand von Luftstrecken.

Von G. Benischke. *Elektrotechn. Zeitschr.* **25.** *S. 810. 1904.*

Die Ausbreitung eines zwischen zwei Polflächen verlaufenden Kraftlinienbündels, deren Kenntnis für manche Berechnungen unerläßlich ist, bestimmte der Verf. experimentell auf folgende Weise.

Die aus 0,5 *mm* Blech zusammengesetzten, quadratischen Polstücke, deren Querschnitt s von 0,37 *qcm* bis zu 8,8 *qcm* variierte, wurden durch eine Art von Joch zu einem magnetischen Kreis verbunden, der nur durch den Luftschlitz von variabeler Länge unterbrochen war, und wurden durch eine bis nahe an die Enden reichende Wickelung magnetisiert. Um die Bestimmung der Kraftlinienmenge in möglichst einfacher Weise durchführen zu können, wurde zu den Messungen Wechselstrom benutzt. Bedeutet $\mathfrak{Z}$ die Kraftlinienmenge, J_m den Scheitelwert des Magnetisierungsstroms, N die Windungszahl, n die Periodenzahl, E die effektive Spannung, w_g den Widerstand des gesamten Kraftlinienwegs in Luft und Eisen, so ergibt sich w_g aus den beiden bekannten Gleichungen

$$\mathfrak{Z} = \frac{E \cdot 10^8}{4{,}44\, n \cdot N} \qquad \text{und} \qquad \mathfrak{Z} = \frac{0{,}4\,\pi \cdot N \cdot J_m}{w_g}\,.$$

Die effektive Spannung E und der effektive Strom J sind durch Messungen mittels des Spannungsmessers, Strommessers und Wattmeters leicht zu bestimmen; der Scheitelwert J_m kann in diesem Fall wegen der Einschaltung der großen Luftstrecke hinreichend genau gleich $1{,}41 \cdot J$ gesetzt werden. Subtrahiert man nun von dem so berechneten Totalwiderstand den Widerstand im Eisen, dessen Permeabilität natürlich bekannt sein muß, so erhält man für die verschieden großen Polflächen die Beziehung zwischen der Länge der Luftstrecke δ und dem Luftwiderstand w. Den *äquivalenten* Querschnitt S des Kraftlinienbündels, d. h. jenen Querschnitt, den das Bündel haben müßte, wenn es in parallelen Linien und mit gleichmäßiger Dichte den Raum erfüllen würde, findet man aus der Gleichung $w = \delta/S$.

Es ergibt sich nun, daß die Kurven, welche S als Funktion von δ wiedergeben, nahezu gerade Linien sind, die durch die Gleichung $S = s + k\,\delta$ dargestellt werden können, und zwar fand der Verf. für den Faktor k, welcher die Tangente des Neigungswinkels der Geraden gegen die Abszissenachse bedeutet, die Werte

$s =$	0,37	0,75	1,96	3,8	8,8
$k =$	4,3	5,2	7,2	9,2	11,8.

Trägt man diese Werte graphisch auf, so kann man der Kurve auch die Werte für andere Querschnitte der Polflächen entnehmen.

Die Ableitung ist für die kleinste Polfläche hinreichend genau bis zu einer Luftstrecke von etwa 8 *cm*, für die größte bis zu einer Strecke von etwa 4 *cm*, und zwar gilt sie ebensowohl für kreisförmige, wie für quadratische Polflächen, nicht aber ohne weiteres für rechteckige von stark gestreckter Form.

Glch.

Neu erschienene Bücher.

F. Hartner, Hand- u. Lehrbuch der niederen Geodäsie, begründet v. Prof. F. Hartner, fortgesetzt v. Prof. J. Wastler u. in 9. Aufl. umgearb. u. erweitert v. Prof. E. Doležal. In 2 Bdn. 1. Bd. 2. Hälfte. gr. 8°. S. 337—1011 m. Abbildgn. u. 3 Taf. Wien, L. W. Seidel & Sohn 1904. Vollständig 25,00 M.; geb. in Halbfrz. 30,00 M.

Rasch ist der hier bereits besprochenen ersten Lieferung (vgl. *diese Zeitschr.* ***24.*** *S. 339. 1904*) der Rest des 1. Bandes gefolgt. Was sich Hartner in der 1. Aufl. des Werks (1850) vorgenommen hatte, die „Niedere Geodäsie“ auf einen mehr wissenschaftlichen Boden zu stellen, als bis dahin üblich war, und der genauen Beschreibung der Instrumente, ihrer Theorie und Berichtigung große Sorgfalt zu widmen, ist auch für die folgenden Auflagen — die Bearbeitung der 5. (1876) ist von Hartner selbst noch Wastler übertragen worden, der bis zur 8. Aufl. (1898) das Buch weiterführte — maßgebend gewesen. Wie schon im Referat über die erste Lieferung betont ist, hat der Bearbeiter der z. T. vorliegenden 9. Auflage, Prof. Doležal in Leoben, das Werk ganz umgearbeitet, zum größten Teil vollständig erneuert und dabei wesentlich erweitert.

Der hier anzuzeigende Schluß des 1. Bandes bringt zunächst die Fortsetzung der Instrumentenbeschreibung: als „Winkelinstrumente“ werden (wohl nicht ganz zweckmäßig) die Hülfsmittel zur Absteckung konstanter Winkel, als Winkelmeßinstrumente das „Astrolabium“, das kaum mehr im Gebrauch ist, und sodann die verschiedenen Formen und Konstruktionen des Theodolits vorgeführt. Von Ablesemitteln an der Teilung sind dabei erläutert: der Nonius (bei der sonstigen Ausführlichkeit zu kurz), von den „Schätzmikroskopen“ das Fennelsche Strichmikroskop, das Hensoldtsche Skalenmikroskop und das meines Wissens nicht in die Praxis übergegangene Hahnsche Glasmikrometer, endlich die Schraubenmikroskope. Die Heydesche Mikrometereinrichtung fehlt. Die Prüfung und Berichtigung des Theodolits, die Messung und Ausgleichung der Horizontalwinkel ist ausführlich behandelt. Von Bussoleninstrumenten finden sich 14 Typen. Das Wort „Universalinstrument“ bezeichnet bei dem Verf. jeden Theodolit, der auch einen Höhenkreis oder nur Höhenbogen hat; Instrumente wie Fig. 300 oder 301 wird man aber nicht Universale heißen wollen. Die Instrumente zur graphischen Bestimmung von Horizontalwinkeln sind mit Verweis auf das spätere Kapitel Tachymetrie vorläufig kurz behandelt, um so ausführlicher aber z. B. wieder die Auftrageapparate, bei denen jedoch, was die Apparate zum Absetzen von Polarkoordinaten betrifft, doch wieder in die Tachymetrie vorgegriffen werden muß. Auch Kurvenmesser und Reduktionsapparate (Pantographen) fehlen nicht.

Vom 3. Abschnitt an wendet sich das Buch der *Ausführung* der Messungen und ihrer Berechnung zu; der 4. Abschnitt bringt die Stückmessung, der 5. die Aufnahme eines größern Verbands von Grundstücken (mit selbständiger Triangulation oder Anschluß an die Landestriangulierung als Grundlage), wobei die trigonometrische Punktbestimmung mit rechnerischer und mit graphischer Ausgleichung (mit Benutzung des beim österreichischen Kataster eingeführten Horskýschen Diagramms) wieder sehr ausführlich behandelt ist, ebenso die Polygonalmessung und Zugberechnung mit Genauigkeitsdiskussion für Theodolit- und für Bussolenzüge. Bei der Polygonisierung (oder, wie der neue Sprachgebrauch will, Polygonierung) sind auch Prof. Schells neue Instrumente für diese Messung *S. 845 bis 857* eingehend beschrieben. Sie bestehen aus einem Theodolit mit neuem entfernungsmessendem Fernrohr, auf einem „Zentrierstativ“ und mit Hülfe eines starren Lotes aufzustellen, und der „Universallatte“. Auf diese Apparate ist hier etwas näher einzugehen, weil sie den Lesern dieser Zeitschrift neu sein werden. Das Zentrierstativ hat einen metallenen Kopf mit drei Tellern von 7 *cm* Durchmesser, auf denen dem Instrument eine seitliche Verschiebung von 5 *cm* gegeben werden kann. Das feste Lot besteht aus einer stählernen zweiteiligen zylindrischen Stange von unten 2, oben 3 *cm* Durchmesser und 1.40 *m* Länge; oben ist eine Kreuzlibelle angebracht. Das feste Lot wird durch die Öffnung eines Schlittens an der Stativkopfplatte durchgehoben und mit Hülfe der berichtigten Kreuzlibelle vertikal gestellt. Auf

den oberen konischen Teil des starren Lotes paßt genau die Hülse der Distanzlatte, der horizontal zu legenden Universallatte, die drei Teilungen enthält, eine gleichförmige Dezimeter-Zackenteilung und zwei logarithmische Strichteilungen, eine 1 *m* lange für Entfernungen bis 100 *m* und eine obere $2^1/_2$ *m* lange für die Entfernungen zwischen 100 und 250 *m*. Die Latte ist demnach etwas über $2^1/_2$ *m* lang, ferner 14 *cm* breit und $2^1/_2$ *cm* stark. Sie ist auf dem oben beschriebenen Stativkopf horizontal und senkrecht zur Visur vom Instrument her zu legen. Dieser Horizontallatte werden große Vorteile vor der senkrecht stehenden Latte zugeschrieben: Wegfall der Verschiedenheit der Refraktionen für die zwei Schenkel des entfernungsmessenden (mikrometrischen) Winkels, größere Unabhängigkeit von der Bodenbedeckung durch Pflanzen u. s. w. Das entfernungsmessende Fernrohr des Universalinstruments hat 35 *mm* Öffnung und 29-fache Vergrößerung; es ist „anallaktisch" und mit um 90° drehbarem „Okularfilarschraubenmikrometer" (mit Doppelfaden, weshalb Strichteilung statt der frühern Zackenteilung auf der logarithmischen Latte) versehen. Der Gebrauch des ganzen Instruments wird erläutert: drei gleiche Stative mit einfachem gegenseitigem Umsetzen von Latte und Instrument; Genauigkeitsergebnisse aus wirklichen Messungen unter durchschnittlichen äußern Umständen sind aber nicht mitgeteilt.

Es folgen dann Notizen über Kataster- und über Stadtvermessung; Abschnitt 6 handelt über „graphische Aufnahmen" (Meßtisch-Aufnahmen, wobei besonders der Aufgabe des graphischen Rückwärtseinschneidens großer Raum gegeben ist, Abschnitt 7 von der Berechnung der Flächen einzelner Grundstücke und zusammenhängender Aufnahmen (wobei unter den mechanischen Hülfsmitteln die ältern „Harfen" erläutert sind, während z. B. das Instrument von Mönkemöller fehlt; das Linearplanimeter von Wetli-Starke ist bei der ausgezeichneten neuern, besonders Coradi zu verdankenden, Ausbildung der Polarplanimeter mit endlichem und mit ∞-langem [Rollplanimeter] Polarm kaum noch irgendwo im Gebrauch); der 8. Abschnitt endlich behandelt die Aufgaben der Flächenteilung.

Sicher wird die neue Auflage des schönen, ursprünglich Hartnerschen Werkes ebenso viele Leser und Benutzer finden wie die früheren, zumal in Österreich; es ist das umfangreichste Lehrbuch der niedern Geodäsie in deutscher Sprache. Möge sein Erneuerer den zweiten Band (Höhenmessungen und tachymetrische Messung) bald folgen lassen können. Wenn ich zum Schluß, für den 2. Band oder die nächste Auflage, noch einen Wunsch äußern darf, so ist es ein formeller: vielfach schiene mir eine größere Knappheit und oft auch Präzision des Textes erwünscht. Sätze wie *S. 508*: „Der äußere Anblick des in Fig. 299 ersichtlichen Instrumentes läßt ein Universalinstrument erkennen" sind im ganzen Buch häufig.

Hammer.

M. d'Ocagne, *Les instruments de précision en France.* Neue illustr. Aufl. gr. 8°. 69 S. m. 22 Fig. Paris, Gauthier-Villars 1904.

Die erste Auflage der Veröffentlichung dieses im März 1903 im *Conservatoire des Arts et Métiers* gehaltenen schönen Vortrags ist hier bereits besprochen worden (*diese Zeitschr.* **24.** *S. 64. 1904*), sodaß der Hinweis auf jenes Referat genügen mag. Die neue Auflage, deren Titel nunmehr angibt, daß es sich nur um die *französische* Präzisionsmechanik handelt, ist gegen die erste (nicht illustrierte) um 22 Figuren bereichert, auch sind kleine Zusätze gemacht und einige Irrtümer beseitigt; doch wären in dieser Beziehung immer noch einzelne Veränderungen des Textes angezeigt, z. B. war nicht das Arithmometer von Thomas aus Colmar die „erste wirklich brauchbare" Additions- und Multiplikationsmaschine.

Hammer.

G. Benischke, Die Grundgesetze der Wechselstromtechnik. Aus: Elektrotechnik in Einzeldarstellungen, hrsg. v. Ob.-Ing. Dr. G. Benischke. 3. Heft. gr. 8°. X, 141 S. m. 113 Abbildgn. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1902. 3,60 M.; geb. 4,20 M.

Das Buch setzt die Kenntnisse der einfachsten elektrischen Erscheinungen sowie die Elemente der höheren Mathematik voraus. Nachdem die mathematische Darstellung eines Wechselstromes analytisch sowohl wie geometrisch erörtert ist, folgt eine Ableitung der

Gesetze eines einfachen Wechselstromkreises. Daran schließt sich eine Theorie des allgemeinen Transformators. Die folgenden Kapitel behandeln die Kapazitäts-Erscheinungen, zusammengesetzte Wellenformen und den Drehstrom.

Die ganze Anlage des Buches zeigt, daß der Verfasser über den Dingen steht und in geschicktester Weise seinen Stoff auszuwählen und anzuordnen versteht. Er führt uns unter Vernachlässigung alles Unwesentlichen auf den Kern der Sache und weiß den Leser mit den wichtigsten Problemen der Wechselstromtechnik vertraut zu machen. Die Darstellungsweise ist durchweg elegant; daß sie dabei in manchen Fragen nur die subjektive Auffassung des Verfassers vertritt, ist nach Ansicht des Ref. wohl zu rechtfertigen. Als eine Folge des Frischdrauflosschreibens dürfte es anzusehen sein, daß sich in dem Werkchen eine größere Zahl von Druckfehlern und Ungenauigkeiten in Formeln und Figuren finden. So stehen z. B. auf *S. 60 u. 61* dicht hinter einander die Formeln

$$\mathfrak{z}_1 = \mathfrak{z} + \mathfrak{z}_1', \qquad \mathfrak{z}_2 = \mathfrak{z} + \mathfrak{z}_2', \qquad \mathfrak{z} = (\mathfrak{z}_1 - \mathfrak{z}_1') + (\mathfrak{z}_2 - \mathfrak{z}_2'),$$

in denen $\mathfrak{z}$ verschiedene Bedeutung hat.

Bei dem Bestreben nach Kürze kommen einige Kapitel nicht entsprechend ihrer Wichtigkeit zur Geltung. Besonders tritt dies in Nr. 30 und 31 hervor, wo die Kurzschlußversuche und die Folgerungen aus denselben, sowie das Heylandsche Diagramm wohl eine etwas eingehendere Behandlung verdient hätten. Es wäre zu wünschen, daß der Verf. das Buch bei einer Neuauflage einer sorgfältigen Durchsicht unterzöge; es würde dadurch an Wert erheblich gewinnen.

E. O.

W. Ostwald, Die wissenschaftl. Grundlagen der analytischen Chemie. Elementar dargestellt. 4., verb. Aufl. 8°. XII, 223 S. m. 3 Fig. Leipzig, W. Engelmann 1904. Geb. in Leinw. 7,00 M.

J. Herzog u. C. Feldmann, Die Berechnung elektrischer Leitungsnetze in Theorie u. Praxis. 2. Aufl. in 2 Tln. 2. Tl.: Dimensionierung der Leitungen. 8°. VIII, 454 S. m. 216 Abbildgn. Berlin, J. Springer 1905. Geb. in Leinw. 12,00 M.

L. Boltzmann, Vorlesungen üb. die Prinzipe der Mechanik. II. Tl., enth.: Die Wirkungsprinzipe, die Lagrangesche Gleichgn. u. deren Anwendgn. gr. 8°. X. 336 S. m. 10 Fig. Leipzig, J. A. Barth 1904. 9,00 M.; geb. in Leinw. 10,00 M.

S. Czapski, Grundzüge der Theorie der optischen Instrumente nach Abbe. 2. Aufl., unter Mitwirkg. des Verf. u. mit Beiträgen von M. v. Rohr hrsg. v. Dr. O. Eppenstein. Aus: „Handb. d. Physik". Lex. 8°. XVI, 480 S. m. 176 Abbildgn. Leipzig, J. A. Barth 1904. 14,50 M.; geb. in Halbfrz. 16,00 M.

F. Soddy, Die Radioaktivität, vom Standpunkt der Desaggregationstheorie elementar dargestellt. Unter Mitwirkg. v. Dr. L. F. Guttmann übers. v. Prof. G. Siebert. gr. 8°. XII, 216 S. m. 38 Abbildgn. im Text u. auf 1 Taf. Leipzig, J. A. Barth 1904. 5,60 M.; geb. in Leinw. 6,40 M.

C. M. Viola, Grundzüge der Kristallographie. Lex. 8°. X, 389 S. m. 453 Abbildg. Leipzig, W. Engelmann 1904. 11,00 M.; geb. in Leinw. 12,00 M.

W. M. Watts, *Introduction to the Study of Spectrum Analysis.* 8°. 334 S. m. 1 farb. Taf. u. Fig. Geb. in Leinw. 10,80 M.

R. T. Glazebrook, *Electricity and Magnetism. Elementary Textbook, theoretical and practical.* 8°. Mit Figuren. Cambridge 1904. Geb. in Leinw. 7,80 M.

H. Starke, Experimentelle Elektrizitätslehre. Mit besond. Berücksicht. d. neueren Anschauungen u. Ergebnisse. gr. 8°. XIV, 422 S. m. 275 Abbildgn. Leipzig, B. G. Teubner 1904. Geb. in Leinw. 6,00 M.

E. Wiedemann u. H. Ebert, Physikalisches Praktikum. 5. verb. u. verm. Aufl. gr. 8°. XXX, 590 S. m. 366 Abbildgn. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1904. 10,00 M.; geb. 11,00 M.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktion: Prof. Dr. St. Lindeck in Charlottenburg-Berlin.

XXV. Jahrgang. **Februar 1905.** Zweites Heft.

Glimmlicht-Oszillograph.

Von

E. Gehrcke in Charlottenburg.

(Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.)

Vor nicht langer Zeit habe ich das Prinzip einer Methode angegeben[1]), mittels der man den Stromverlauf hochgespannter elektrischer Wechselströme auf einfache Weise bestimmen kann. Diese Methode bedient sich der in verdünnten Gasen an der Kathode auftretenden Leuchterscheinung und beruht auf der von Hrn. N. Hehl[2]) zuerst aufgefundenen Gesetzmäßigkeit, welche aussagt, daß das sogenannte „negative Glimmlicht" einen Flächenraum einnimmt, der der Stromstärke proportional ist. Bei drahtförmiger Kathode ist somit die Länge des Glimmlichts proportional der Stromstärke.

Da die Trägheit der Glimmlichthülle, wie aus einer von Hrn. W. Lessing[3]) angestellten Untersuchung folgt, so gering ist, daß sie bisher überhaupt nicht nachweisbar war, so erscheint das Glimmlicht als ein sehr geeignetes Phänomen, um zur Analyse von Wechselströmen und Schwingungen zu dienen. Seit meiner ersten kurzen Veröffentlichung habe ich eine Reihe weiterer Versuche angestellt, welche im folgenden mitgeteilt werden.



Fig. 1.

1. Man gibt für den vorliegenden Zweck der Glimmlichtröhre passend die folgende, schon früher (*a. a. O.*) von mir angegebene Form:

Die Elektroden *A* und *B* (Fig. 1) sind zwei etwa 10 *cm* lange Nickeldrähte[4]), die in der gezeichneten Weise in ein weites Rohr von etwa 6 *cm* Durchmesser eingeschmolzen sind. Wenn man die Drähte mindestens 2 *mm* dick wählt, sind sie steif genug, um von den an den Einschmelzstellen angebrachten Glasröhrchen in unverrückter Lage nnd ohne Biegung gehalten zn werden. Die Oberfläche der Elektroden muß sauber sein; man tut gut, hochpolierte Elektroden zu verwenden. Wird die Sauberkeit der Elektrodenoberfläche unbeachtet gelassen, so erhält man kein gleichmäßiges Glimmlicht.

Das so vorbereitete Rohr wird an eine Quecksilberluftpumpe angesetzt und mit Stickstoff gefüllt[5]). Das Gas muß unbedingt trocken sein; eine Spur Feuchtigkeit wirkt schädlicher als eine kleine Verunreinigung mit Sauerstoff. Nach mehrmaligem

[1]) E. Gehrcke, *Verhandl. d. Deutsch. physik. Gesellsch.* **6.** *S. 176. 1904.*

[2]) N. Hehl, Dissertation, Erlangen 1901. *Physik. Zeitschr.* **3.** *S. 547. 1902.*

[3]) W. Lessing, Dissertation, Erlangen 1902. *Verhandl. d. Deutsch. physik. Gesellsch.* **6.** *S. 340. 1904.*

[4]) Die in der früheren Mitteilung *a. a. O.* angegebene Länge jeder Elektrode von 20 *cm* ist für die meisten Zwecke unnötig groß.

[5]) Stickstoff erscheint mir geeigneter als Wasserstoff.

Füllen und Wiederauspumpen wird das Rohr bei einem Druck von 7 bis 8 *mm* Quecksilber abgeschmolzen; Erhitzen des Rohrs vor dem Abschmelzen halte ich nicht für nötig.

Fließt hochgespannter Gleichstrom durch das Rohr, so ist die Kathode von einer blauen Lichthaut, dem negativen Glimmlicht, überzogen. Die Anode weist an der Spitze ebenfalls ein Glimmlicht in Form eines rötlichen Lichtflecks auf[1]). Eine positive Lichtsäule existiert unter diesen Verhältnissen nur bei Stromstärken, die größer als etwa 0,1 Amp. sind. Das anodische Licht und die etwa vorhandene positive Lichtsäule sind zwar unerwünscht, stören aber nicht weiter.

Läßt man einen Wechselstrom durch das Rohr fließen, so sind beide Elektroden *A* und *B* vom negativen Glimmlicht überzogen, wie in Fig. 1 angedeutet, und die Spitzen der Drähte markieren sich durch rötliche, anodische Lichtflecke. Betrachtet man nun die Erscheinung im rotierenden Spiegel, dessen Rotationsachse parallel den Elektroden *A* und *B* steht, so erblickt man die zeitlich aufeinander folgenden Phasen des Stromverlaufs räumlich neben einander. Hat dabei das Rohr eine solche Stellung, daß im Bilde des rotierenden Spiegels die Elektroden in eine einzige gerade Linie zu fallen scheinen, so ist die Umgrenzungskurve der hellen Spiegelbilder des Glimmlichts direkt die Stromkurve des Wechselstroms.

2. Den für die subjektive Beobachtung sehr bequemen rotierenden Spiegel ersetzt man passend durch eine andere Vorrichtung, wenn man die Glimmlichtbilder photographisch aufnehmen will. Diese Vorrichtung kann darin bestehen, daß man mittels einer Linse ein reelles Bild der Elektroden *A* und *B* entwirft und an den Ort desselben den Spalt eines vertikalen Bretts stellt, hinter dem man eine photographische Platte fallen läßt. Dann werden die zeitlich getrennten Phasen des Stromes räumlich getrennt auf der photographischen Platte markiert, und es entsteht so eine Photographie des Stromverlaufs.

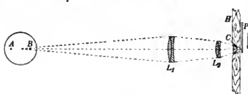


Fig. 2.

Da man hier mit kurzen Expositionszeiten zu rechnen hat und da das Glimmlicht nicht sehr lichtstark ist, so wird man ein möglichst lichtstarkes Bild entwerfen, d. h. also eine Linse (bezw. ein System von Linsen) mit möglichst kurzer Brennweite und möglichst großer Apertur anwenden und ferner den abzubildenden Gegenstand, in diesem Falle also die Elektroden *A* und *B*, in möglichst *großer* Entfernung aufstellen. An Hand vorhandener Linsen habe ich die folgende Anordnung benutzt (vgl. Fig. 2).

Dem horizontal aufgestellten Rohr *A B*, das in Fig. 1 dargestellt war, wurde in etwa 180 *cm* Abstand eine sphärische, achromatische Linse L_1 gegenüber gestellt. Diese hatte eine Apertur von 4,6 *cm*, und der ganze, durch L_1 tretende Strahlenkegel fiel auf die kleinere, sphärisch-achromatische Linse L_2 von kürzerer Brennweite als L_1. Dicht dahinter befand sich noch eine Zylinderlinse *C*, welche die Strahlen in Ebenen parallel zur Ebene der Zeichnung weiter konzentrierte und in Ebenen senkrecht dazu ungeändert ließ. Das Bild der Elektroden *A* und *B* entstand kurz hinter der Zylinderlinse *C* auf der photographischen Platte *P*, die man entlang dem (mit hori-

[1]) E. Gehrcke, *Verhandl. d. Deutsch. physik. Gesellsch.* **7.** *S. 63. 1905.*

zontalem Schlitz versehenen) Holzbrett H fallen ließ. Die Platte befand sich natürlich in einer Kassette; seitliche Leisten an dem Brett H dienten der fallenden Platte als Führung. Die Entfernung L_1 P betrug 45 *cm*.

Zur Aufnahme der Stromkurven wurden nach vielfachem Probieren „Agfa-Trockenplatten" (der A.-G. für Anilinfabrikation in Berlin) am geeignetsten gefunden. Diese Platten sind für die hier hauptsächlich vorhandenen blauen Stahlen ziemlich empfindlich, müssen aber in völliger Dunkelheit, ohne rote Laterne, entwickelt werden, da sie sonst schleiern. Als Entwickler diente Rodinal in der Verdünnung 1 : 20. Die Negative wurden dann mit Uranverstärker behandelt.

3. Die Bilder auf der umstehenden Tafel stellen einige mittels obiger Methode erhaltene Stromkurven in unveränderter Größe der Originale dar; die Fallhöhe der Platte P (Fig. 2) betrug in allen diesen Aufnahmen 20 *cm*, sodaß einer Abszisse von 1 *cm* eine Zeit von etwa 0,005 Sekunden entspricht. Im folgenden sind die Bilder näher erläutert:

Nr. 1. Der von einer alten Siemensschen Maschine mit nahezu sinusförmiger Spannnngskurve (Scheibenanker ohne Eisen) gelieferte Strom floß durch die Primärspule eines großen Öltransformators (Übersetzungsverhältnis 1 : 300); an der Sekundärspule lag die Glimmlichtröhre. Man erkennt einen nahezu sinusförmigen Stromverlauf.

Nr. 2. Der von der Charlottenbnrger Zentrale gelieferte Wechselstrom (50 ∼ pro Sek.) wurde durch die Primärspule eines kleinen Transformators (Übersetzungsverhältnis 1 : 25) gesandt, vor den ein Widerstand gelegt war; an der Sekundärspule lag die Glimmlichtröhre.

Man erkennt hier kleine Oberwellen, welche von dem unvollkommenen Sinusstrom der Zentrale herrühren. Ferner weisen die Nullstellen des Stromes bedeutende Lücken auf. Diese Lücken sind aber nicht reell, sondern liegen in einer Eigentümlichkeit des Glimmlichts begründet. Da dasselbe nämlich unterhalb eines gewissen Grenzpotentials von etwa 300 Volt erlischt, so müssen die Nullstellen der Stromkurve, in denen auch das Potential durch den Nullwert hindnrchgeht, in allen Kurven ausfallen. Bei Nr. 1 war infolge des hohen Übersetzungsverhältnisses des großen Transformators das Potential immer so hoch, daß das fortfallende Stück der Stromkurve unmerklich klein ist, während bei dem kleinen Transformator in Nr. 2 deutliche Lücken im Strombilde zu sehen sind[1]).

Nr. 3 stellt eine unter genau den gleichen Versuchsbedingungen wie Nr. 2 erhaltene Stromkurve dar, nur wurde durch Ausschalten von Widerstand die Spannung in der Primärspule des Transformators vergrößert. Demgemäß sind die Amplituden hier ebenfalls größer als in Nr. 2, außerdem aber sind die Lücken an den Nullstellen kleiner geworden, entsprechend dem höheren Potential der Elektroden der Glimmlichtröhre.

Nr. 4. Der Strom der Charlottenburger Zentrale wurde durch die Primärspule eines kleinen 3,5 *cm*-Induktors von Keiser & Schmidt gesandt; an der Sekundärspule lag das Glimmlichtrohr. Man erkennt hier die spezifische Wirkung eines offenen Eisenkerns, die besonders in einer Abplattung der Maximalamplituden des Stromes besteht.

Nr. 5 stellt wieder den Strom der Charlottenburger Zentrale dar, diesmal aber hochtransformiert mittels eines *großen* 50 *cm*-Induktors von Keiser & Schmidt, dessen Eisenkern herausgenommen war. Da die Transformation somit ohne jedes Eisen erfolgte, waren etwa 20 000 primäre Amperewindungen erforderlich.

[1]) Möglicherweise ist die Gültigkeit des Hehlschen Gesetzes in der Nähe der Lücken eine beschränkte, was dahin gestellt bleiben muß.

Das fehlende Stück der Stromkurve ist hier wie in allen folgenden Bildern wegen des hohen Potentials unmerklich klein.

Nr. 6. Der von einer Drehstrommaschine von Siemens & Halske (40 PS; trapezförmige Spannnngskurve) gelieferte Strom wurde wie bei Nr. 5 durch die Primärspule des großen Indnktors geschickt, dessen Eisenkern herausgenommen war. Die Glimmlichtröhre lag wieder direkt an der Sekundärspule des Indnktors.

Nr. 7. Der bereits bei Nr. 4 benutzte Induktor wurde primär mit unterbrochenem Gleichstrom (Hammerunterbrecher, 12 Volt) betrieben. Die langen (unteren) Dreiecke entsprechen dem Öffnnngs-, die kurzen (oberen) Dreiecke dem Schließnngsstrom.

Nr. 8. Ein Indnktor von 25 *cm* Schlagweite von H. Boas in Berlin wurde ähnlich wie der bei Nr. 7 benutzte betrieben, doch wurde der Gang des (Deprez-) Unterbrechers absichtlich so reguliert, daß letzterer „klapperte". Man erkennt hier einen trapezartigen Verlauf des Stromes; der Moment des Klapperns ist in der Mitte des Bildes znr Wiedergabe gekommen.

Nr. 9. Genau dieselbe Versuchsordnnng wie bei Nr. 8, aber mit etwas verstelltem Unterbrecher; der Unterbrecher „summte". Hierbei kamen knrze Schwingungen in der Seknndärspnle zustande, die an den Spitzen der flachen Dreiecke zu erkennen sind.

Nr. 10. Dieselbe Versuchsanordnnng wie bei Nr. 8 mit der Abänderung, daß die Glimmlichtröhre in Serie mit einer Fnnkenstrecke geschaltet war. Hierdnrch kommen die Schließnngsströme in Fortfall.

Zu den Figuren auf der Tafel, die ohne Retusche hergestellt sind, ist noch zn bemerken, daß außer dem negativen Glimmlicht auch positives Glimmlicht und zuweilen (z. B. in Nr. 10, wo die Stromstärke eine kurze Zeit hindnrch sehr hoch war) noch ein von einer positiven Lichtsäule herrührender Lichtfleck znr Abbildnng kam.

Die mehrfach zn erkennenden Streifungen der Glimmlichtbilder haben zweierlei Ursache. Die horizontalen Streifen kommen her von geringen Ungleichmäßigkeiten der Elektrodenoberflächen; die senkrechten Streifungen (besonders deutlich in Nr. 3 und Nr. 4) dnrch eine eigentümliche Trägheit der Potentialdifferenz an den Elektroden. Wie von Hrn. Lessing (*a. a. O.*) gefunden wnrde, ist der Verlanf der Spannung in einem mit Sinusstrom betriebenen Geißlerschen Rohr *kein* sinusförmiger, vielmehr ist der absolute Betrag der Spannnng beim Anstieg des Stromes höher als beim Abfall[1]). Überall also, wo sehr rapide Änderungen der Stromstärken stattfinden, wird demzufolge anch das Potential der Elektroden abnorme Werte erhalten können. Aus diesem Grunde mnß die Energie der von der Kathode erzeugten Kathodenstrahlen sich ändern; dies wird znr Folge haben, daß auch die Helligkeit des Glimmlichts eine andere wird, und somit werden in den photographischen Aufnahmen von oben nach nnten verlaufende Streifungen zustande kommen.

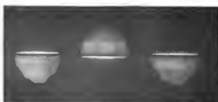
4. Die Empfindlichkeit der obigen Methode hängt naturgemäß vom Gasdruck ab. Zu den in der Tafel verzeichneten Aufnahmen wurde eine Röhre mit 8 *mm* Druck verwandt; hier betrug, wenn die ganze, 10 *cm* lange Elektrode mit Glimmlicht bedeckt war, die Stromstärke 0,04 Ampere; eine positive Lichtsäule war bei dieser Stromstärke unter Anwendung von Gleichstrom noch nicht vorhanden. Wenn man kleineren Gasdruck verwendet, so wird die Empfindlichkeit der Röhre größer, dafür aber nimmt die Helligkeit des Glimmlichts ab. Bei höherem Gasdruck als 8 *mm* ist zwar die Helligkeit des Glimmlichts größer, dafür aber erhitzen sich die Elektroden schon bei

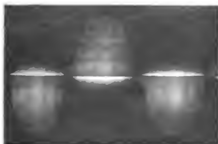
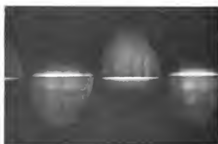
[1]) W. Lessing, *Verhandl. d. Deutsch. physik. Gesellsch.* **6.** *S. 341. 1905 (Fig. 1).*

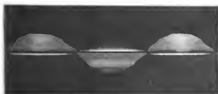
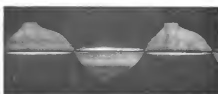
Aufnahmen mit dem Glimmlicht-Oszillographen.

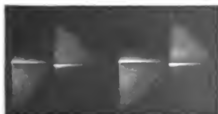
(Originalgröße.)

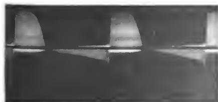
Nr. | Nr.

1   2

3   4

5   6

7   8

9   10

Verlag von Julius Springer in Berlin.

geringem Strom so sehr, daß die Erscheinung des Glimmlichts gestört wird. Die obigen Aufnahmen wurden alle in den ersten Momenten des Stromdurchgangs erhalten, wo durch die Erwärmung der Elektroden noch kein merkbarer Fehler entstanden war.

Eine etwas modifizierte Form der beschriebenen Glimmlichtröhre wird von der Firma Ernst Ruhmer in Berlin in den Handel gebracht.

Charlottenburg, im Dezember 1904.

Über Theorie und Praxis des Laufgewichts-Barographen.

Von
A. Sprung in Potsdam.

Einleitung.

Meine erste Veröffentlichung[1]) über das in Rede stehende Instrument lief im wesentlichen darauf hinaus, daß bei den bis dahin gebräuchlichen Quecksilber-Wage-barographen folgendes beseitigt werden müsse:

1. die Erweiterung im oberen Teile des Barometerrohres;
2. die Winkelhebelwage.

Es wurde demgemäß die Verwendung eines vollkommen zylindrischen Glasrohres empfohlen, indem ich die Erweiterung des oberen Rohrteiles als die Hauptquelle des lästigen Temperatur-Einflusses erkannt hatte.

Bei der Winkelhebelwage ist der Skalenwert eine Funktion der Neigung des Wagebalkens und folglich auch des Barometerstandes. Es wurde vorgeschlagen, die Winkelhebelwage durch eine Vorrichtung zu ersetzen, bei welcher der Wagebalken stets seine horizontale Lage beibehält. „Dieses Ziel läßt sich nach dem Prinzip des Wagnerschen Hammers erreichen, offenbar auf mannigfache Weise, und der Weg, den ich hier vorschlage, mag leicht durch einen einfacheren ersetzt werden können." Letzteres ist dann bei der wirklichen Ausführung durch Hrn. R. Fueß in Berlin in der Tat erfolgt; das Wesentliche bei dieser Ausführung ist die beim ersten Anblick etwas kühne Idee des Laufrades, welches so gut wie vollkommen frei auf dem horizontalen Wagebalken rollt und sich vermöge der Eigentümlichkeit des Mechanismus stets an eine Stelle begibt, an welcher sich das System in vollkommenem Gleichgewicht befindet. Das prinzipiell Wichtigste hierbei sowohl, wie bei meinem ursprünglichen Vorschlage vom Jahre 1877, ist der Umstand, daß von dem äquilibrierenden Mechanismus die Gleichgewichtslage stets nach beiden Seiten hin etwas *überschritten* wird, derart, daß die Aufzeichnung, genau genommen, aus einer Zickzackkurve besteht: bei konstanter Last sind die abwechselnd nach rechts und links erfolgenden Zickzackbewegungen gleich groß, sodaß eine im ganzen vertikale Linie resultiert; bei veränderlicher Last dagegen dauert z. B. die Bewegung nach rechts immer etwas länger an als diejenige nach links, derart, daß die Gesamtkurve schräg aufsteigt. Die wichtige Folge des steten Hinausgehens über die Gleichgewichtslage ist die, daß ein Nachhinken der Wage niemals eintreten kann.

Das erste von Fueß nach meinen Ideen ausgeführte Exemplar wurde auf der Berliner Gewerbe-Ausstellung des Jahres 1879 gezeigt und demgemäß auch in dem von Loewenherz i. J. 1880 herausgegebenen Berichte über diese Ausstellung (Verlag

[1]) A. Sprung, Eine neue Form des Wage-Barographen. *Zeitschr. d. Österr. Gesellsch. f. Meteorologie* **12**. *S. 305. 1877.*

von J. Springer, Berlin) auf *S. 233—242* von mir beschrieben. Dort findet man auch die Theorie des Instrumentes[1]).

Ungefähr im Jahre 1890 sind zwei Exemplare in etwas abweichender Konstruktion hergestellt worden, indem nämlich die Bewegung des Laufrades nicht vermöge einer langen, neben dem Wagebalken herlaufenden Führungsschraube erfolgte, sondern durch Vermittelung eines Seidenbandes. Eines von diesen zwei Exemplaren hat die Physikalisch-Technische Reichsanstalt in Charlottenburg erhalten, und dieses gerade ist dann von Hrn. Scheel in *dieser Zeitschr. 15. S. 133. 1895* eingehend beschrieben worden.

Die Seidenband-Führung des Laufrades ist später doch wieder aufgegeben worden, weil es nicht ganz leicht war, ein zweckmäßiges Material zu beschaffen.

Im übrigen entsprach aber die Beschaffenheit des von Hrn. Scheel beschriebenen Instrumentes vollkommen dem damals erreichten Entwickelungszustande des Instrumentes, wie ja auch die Leistungen desselben als befriedigend bezeichnet werden mußten; später kommen wir noch einmal kurz darauf zurück.

I. Theoretische Betrachtungen.

In Bezug auf die Theorie des Instrumentes kann unbedenklich auf die oben angezogene erste Beschreibung des Instrumentes vom Jahre 1880 verwiesen werden. Eine wichtige Ergänzung derselben findet man aber dann an einer Stelle, wo man dieselbe kaum vermuten würde, nämlich in meiner Beschreibung des „Neuen Thermobarographen mit Laufgewicht" in *dieser Zeitschr. 6. S. 189. 1886.*

Dieser Apparat, bei welchem ein Quecksilber-Barometer, von der gleichen Form wie beim Laufgewichts-Barographen, an einem nicht absolut festen Punkte aufgehängt ist, gab nämlich Veranlassung zur Untersuchung der Frage: Finden Gewichtsänderungen des Barometers statt, wenn letzteres vertikale Verschiebungen erleidet?

Die theoretischen Erörterungen auf *S. 193—195* des angeführten Aufsatzes beginnen mit der Untersuchung der Vorfrage: Läßt sich die Konstruktion eines Barographenrohres derartig gestalten, daß bei vertikalen Bewegungen desselben die Höhe des Quecksilbers im Gefäße unverändert bleibt?

Die hierbei vorausgesetzte Form des Barographenrohres ist im Grunde dieselbe, welche schon längst, d. h. vor Einführung meines einfach zylindrischen Rohres im Jahre 1877, zur Herstellung von automatisch schreibenden Quecksilber-Barometern verwendet worden ist: ein zylindrisches Glasrohr, welches in das Quecksilber des Gefäßes eintaucht und oben eine ebenfalls zylindrische Erweiterung trägt, in der das obere Quecksilber-Niveau sich bewegt. Auf die Längenverhältnisse kommt für den vorliegenden Zweck nicht viel an; deshalb ist aus anderen Gründen der obere erweiterte Teil auf Kosten des unteren engeren Rohres außerordentlich stark verlängert worden, derart, daß das Ganze im wesentlichen als ein gleichförmig zylindrisches Rohr erscheint.

Das Ergebnis der Theorie läßt sich in folgender Weise aussprechen: *Wenn das Barographenrohr so gestaltet wird, daſs der äuſsere Querschnitt des unteren eintauchenden Teiles gleich ist dem inneren Querschnitt des weiteren oberen Rohrteiles, so bleibt bei vertikalen Bewegungen des Rohres sowohl die Höhe des Quecksilbers im Gefäſse, als auch das Gewicht des Barometerrohres unverändert.*

[1]) Ein sehr ausführliches Referat bringt Cleveland Abbe auf *S. 159—166* seines Buches *„Treatise on meteorological apparatus and methods"*. Washington 1888. Ein kürzerer Auszug findet sich in der *Zeitschr. d. Österr. Gesellsch. f. Meteorologie 16. S. 1. 1881.*

Bei dem hier in Rede stehenden Einzelapparat, dem Barographen, herrschen in Bezug auf die vertikalen Bewegungen des Rohres einfachere Verhältnisse, indem für solche Verschiebungen nur *eine* Quelle vorhanden ist, und diese Bewegungen werden höchstens 0,3 *mm* erreichen. Nichtsdestoweniger ist seit etwa zwölf Jahren von Hrn. **Fueß** das Rohr des Laufgewichtsbarographen stets so konstruiert worden, wie es der vorstehende Satz verlangt.

Hierfür waren zwei Gründe maßgebend. Erstens die beträchtliche Vereinfachung des Formelausdruckes, welcher die Abhängigkeit der Gewichtsänderung des Barometerrohres von der Luftdruckänderung darstellt. Der Ausdruck 8) auf *S. 238* im **Loewenherz**schen Bericht lautet für $t = 0^0$ (und mit starker Annäherung auch für jede andere Temperatur)

$$\frac{dP}{dB} = \frac{s_0 Q' Q}{Q' + Q - (q + r)},$$

worin Q den Querschnitt der oberen weiteren Quecksilbersäule,
q den Querschnitt der unteren engeren Säule,
Q' den inneren Querschnitt des Gefäßes,
r den Querschnitt der Glasmasse beim unteren engeren Rohre,
s_0 das spez. Gewicht des Quecksilbers bei 0°

bezeichnen; man vergleiche Fig. 1 (*S. 41*), in der man zunächst die Erweiterung x als nicht vorhanden betrachten möge.

Nach obigem Satze ist nun aber

$$q + r = Q \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 1)$$

gemacht, und deshalb reduziert sich jene Formel auf

$$\frac{dP}{dB} = s_0 Q \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 2)$$

d. h. die Gewichtsänderung für die Einheit der Luftdruckzunahme, welche ein Rohr von der angegebenen Form erleidet, ist gänzlich unabhängig von der Weite Q' des Gefäßes; ihr absoluter Wert ist demjenigen gleich, welchen ein von unten bis oben vollkommen zylindrisches Barometerrohr vom inneren Querschnitte Q bei unendlich kleiner Wandstärke erfahren würde.

Für das Laufradgewicht u findet man dementsprechend

$$u = \frac{A Q_0 s_0}{V} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 3)$$

wobei A den Abstand des Rohraufhängungspunktes vom Drehungspunkte des Wagebalkens in *cm*, V die Vergrößerung bezeichnet. Seit etwa 1890 wird von Hrn. **Fueß** der Abstand A stets genau gleich 10 *cm* (der Abstand der Gewichtsschale dagegen gleich 50 *cm*) gemacht. Für diese besondere Konstruktion lautet somit die Formel für das 10-fach vergrößernde Laufrad[1]) einfach

$$u = Q_0 s_0 .$$

Der wichtigste Grund für die allgemeine Einführung der besprochenen Form des Rohres ist aber noch ein anderer: es wird infolge davon die Angabe des Baro-

[1]) In Potsdam wurde früher im Winter eine fünffache, im Sommer eine zehnfache Vergrößerung verwendet. Allmählich ist man aber dazu übergegangen, die zehnfache Vergrößerung auch im Winter zu benutzen, was natürlich mit kleinen Unbequemlichkeiten bei der Bedienung verknüpft ist. Aber es läßt sich nicht leugnen, daß die Kurven interessanter erscheinen, weil sie mehr Einzelheiten enthalten. Zuweilen handelt es sich hierbei um ganz regelmäßige Wellensysteme von etwa 10 bis 12 Minuten Wellenlänge.

graphen von der Menge des Quecksilbers im Gefäße ganz unabhängig. Man kann sich hiervon leicht überzeugen[1]), indem man die folgende Überlegung anstellt.

Wenn man so viel Quecksilber in das Gefäß gießt, daß es in letzterem z *cm* höher steht als vorher, so steigt es natürlich (bei unverändertem Luftdruck) auch im Rohr um z *cm*. Denkt man sich letzteres, bezw. die Quecksilbermasse, in zwei Teile zerlegt, einen inneren vom Querschnitte q und einen äußeren vom Querschnitte $Q-q$, so tritt unmittelbar als Gewichtsvermehrung des Rohres nur die Masse

$$(Q-q)\,z\,s$$

in die Erscheinung, indem ja nach bekannter Vorstellung bei dem inneren Anteil q eine direkte Ausgleichung des Mehrgewichts durch die Gewichtszunahme im Gefäße erfolgt.

Durch das Steigen des Quecksilbers im Gefäße wird nun aber noch eine Vermehrung des Auftriebes bei dem in das Gefäß eintauchenden Glasteile hervorgerufen; das Barometer wird also entsprechend leichter, und zwar um den Betrag $r\,z\,s$. Weil nun aber nach Gl. 1) $Q-q=r$ ist, so heben die vorliegenden zwei Gewichtsveränderungen am Barographenrohr einander vollkommen auf.

Man hat also bei der neuen Form des Rohres nicht nötig, ängstlich darauf zu achten, daß ein Verspritzen des Quecksilbers nicht eintrete, und darf z. B. zeitweilig den größten Teil des Quecksilbers zum Zwecke des Filtrierens oder sonstiger Reinigung aus dem Gefäße entfernen[2]). Auch daran wird nichts ankommen, daß hierbei etwa der Boden des Gefäßes überall mit Quecksilber bedeckt bleibt, wie auch die Form des Gefäßes überhaupt ziemlich gleichgültig ist.

Wird z. B. ein Steigen der Quecksilberoberfläche im Gefäße dadurch hervorgerufen, daß man einen Tauchkörper von Holz, Eisen, Glas u. s. w. in das Quecksilber des Gefäßes einsenkt und darin stecken läßt, so steigt das Quecksilber um ebensoviel im Rohre, und die hierdurch veranlaßte Gewichtsvermehrung ist wegen der in Rede stehenden eigentümlichen Form des Rohres wieder gleich der Abnahme durch den Auftrieb im Gefäße. Es ist also nicht zu befürchten, daß der später zu besprechende Tauchkörper bei eventuellem Steckenbleiben im Gefäße die Angaben des Barographen etwa ganz verderben könnte, wiewohl man natürlich bestrebt sein wird, solche Ereignisse zu vermeiden.

Es wurde in den einleitenden Worten schon angedeutet, daß durch die von den alten Formen ganz abweichende, vorwiegend zylindrische Gestaltung des Barographenrohrs der Temperatureinfluß auf das Gewicht des Barometers ganz bedeutend ver-

[1]) In meinem Lehrbuche der Meteorologie (Hamburg 1885) findet man im Anhang „Bemerkungen zur Theorie derjenigen Registrierapparate, welche auf der Gewichtsbestimmung von Quecksilbersäulen beruhen". Die Kenntnis derselben dürfte dem Leser dieses Aufsatzes von Nutzen sein.

[2]) Bei dem Potsdamer Exemplare z. B. wurden am 7. Sept. 1904 um 9^a 350 *g* Quecksilber in das Gefäß eingegossen. Die unmittelbar benachbarten Vergleichungen ergaben folgende Werte der Korrektion:

6. Sept.	9^a:	+ 0,11 *mm*
	11^p:	+ 0,10 „
7. „	1^p:	+ 0,11 „
	8^p:	+ 0,07 „
8. „	0^p:	+ 0,11 „
	10^p:	+ 0,11 „ ,

welche von dem Eingriffe keine Spur verraten. Das Steigen des Quecksilbers in dem Gefäße war ja hierbei allerdings nicht allzu groß, indem sich dasselbe bei 10 *cm* Gefäßdurchmesser zu etwa $3^1/_2$ *mm* berechnet.

ringert ist; denn eine solche zylindrische Quecksilbersäule wird bei steigender Temperatur zwar länger, aber nicht schwerer. In Wirklichkeit wird dieser angestrebte Idealzustand aber nicht vollkommen erreicht, weil die Form des Quecksilbers lediglich von den Gefäßen abhängt, in denen es zur Verwendung gelangt.

Auf diese Weise tritt bei einer Erwärmung eine gewisse Vergrößerung des Querschnittes der Quecksilbersäule des Barographen ein und hiermit eine Gewichtsvermehrung; da nun auch beim Steigen des Luftdrucks eine Gewichtsvermehrung erfolgt, so wird durch die besprochene Ausdehnung des Glasrohres eine scheinbare Erhöhung des Barometerstandes hervorgerufen, und zwar im Betrage von ungefähr 0,013 *mm* für eine Erwärmung um 1° C.

Es erschien mir nicht ganz unwichtig, nach einem Hülfsmittel zu suchen, um auch diesen kleinen Rest des Temperatureinflusses noch zu beseitigen, wenn auch vielleicht nur für den mittleren Barometerstand, da die alsdann noch übrig bleibenden Fehler ganz sekundärer Natur sein würden.

Den Ausgangspunkt für die hier versuchte Lösung der Aufgabe bildete eben die schon mehrfach erwähnte Tatsache, daß der große, auf ungefähr 0,11 *mm* für 1° C. sich belaufende Temperatureinfluß bei den früher gebräuchlichen Barographen durch die kammerartige Erweiterung des oberen Rohrteiles hervorgerufen wird; auch hier handelt es sich um ein scheinbares Steigen des Luftdrucks (bezw. um eine Gewichtsvermehrung des Rohres) mit steigender Temperatur.

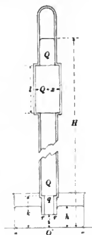


Fig. 1.

Wenn man nun aber den oberen Teil des Rohres nicht weiter macht, sondern im Gegenteil verengert, so wird eine *Gewichtsverminderung* mit steigender Temperatur die Folge sein, und diese wird benutzt werden können, um die in Rede stehende kleine Gewichtsvermehrung durch das sich bei der Erwärmung erweiternde Glasrohr zu kompensieren. Eine Verengerung des Rohres im oberen Teile ist aber gleichbedeutend mit einer Erweiterung des unteren Teiles; letztere braucht sich aber auch nicht auf die ganze Länge des Rohres zu erstrecken, und so gelangt man dazu, unterhalb desjenigen Rohrstückes, in welchem sich das obere Quecksilberniveau bewegt, ein zylindrisches Stück einzusetzen, dessen Querschnitt um x *qcm* größer ist, als derjenige Q beim Hauptteile des Rohres. Die nicht ganz einfache Ableitung der Formel, nach welcher x zu berechnen ist, möge hier der Hauptsache nach wiedergegeben werden.

In Fig. 1 bedenten Q', Q, $Q+x$, q und r die *Querschnitte* in *qcm*; ferner möge bezeichnen

P das Gewicht des ganzen Barographenrohres, soweit dasselbe auf die Wage einwirkt,

G das Gewicht des „Gehänges" für sich,

s_0 das spez. Gewicht des Quecksilbers bei 0° C.,

s das spez. Gewicht des Quecksilbers bei der betreffenden Temperatur t,

V_0 das Volumen des ganzen Quecksilbers bei 0° C.,

B den Barometerstand.

Die erste Grundgleichnng stellt dar, in welcher Weise sich P aus den einzelnen Anteilen zusammensetzt:

$$P = G + (H - k) Q s + l x s + (k - h) q s - (h - i) r s \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 4)$$

Die zweite Grundgleichung spricht aus, daß das Gesamtgewicht des Quecksilbers bei allen Temperaturen dasselbe ist:

$$(H-k)Qs + lxs + (k-h)qs + hQ's - (h-i)rs = V_0 s_0 \quad . \; . \; . \; 5)$$

Die dritte Gleichung schließlich gibt an, in welcher Weise die Höhe $H-h$ mit dem Barometerstande zusammenhängt:

$$(H-h)s = Bs_0 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; 6)$$

In diesen Gleichungen kommen die zwei variablen Hülfsgrößen H und h vor, welche man zu eliminieren hat, zunächst H aus Gl. 4) und 5); es ergibt sich

$$P = G + V_0 s_0 - hQ's \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; 7)$$

Dann H aus Gl. 5) und 6), wobei man nach einigen Umformungen folgenden Ausdruck erhält

$$hs = \frac{V_0 s_0 - BQs_0 + s(k[Q-q] - lx - ir)}{Q' + Q - (q+r)} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; 8)$$

Aus Gl. 7) und 8) aber kann man nun leicht die andere Variable h eliminieren; das Endresultat ist also zunächst

$$P = G + V_0 s_0 - \frac{Q'}{Q' + Q - (q+r)} \left\{ V_0 s_0 - BQs_0 + s(k[Q-q] - lx - ir) \right\} \quad . \; 9)$$

oder

$$P = G + V_0 s_0 - C\left\{ V_0 s_0 - BQs_0 + s(k[Q-q] - lx - ir) \right\} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; 9')$$

wenn man nämlich zur Abkürzung setzt

$$C = \frac{Q'}{Q' + Q - (q+r)} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; 10)$$

Da bei irgend einer Konstruktion des Barographenrohres der Querschnitt Q der obersten Quecksilbersäule relativ klein sein wird gegen den Querschnitt Q' des Gefäßes, so kommt auf jeden Fall der Wert von C der Einheit nahe.

Es ist aber genau $C = 1$ für irgend welche ganz beliebige Temperatur, wenn das Barographenrohr nach der Vorschrift $q + r = Q$ (Gl. 1) konstruiert ist, und zwar gilt dieses unabhängig von dem Material und von der Größe des Gefäßes Q'; denn in diesem Falle ergibt sich das Gewicht P des Rohres aus der einfachen Formel

$$P = G + BQs_0 - s(k[Q-q] - lx - ir) \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; 11)$$

in welcher der Querschnitt Q' des Gefäßes gar nicht mehr vorkommt.

Auf ein derartig geformtes Rohr soll deshalb jetzt die Betrachtung beschränkt bleiben[1]).

In die Formel 11) sollen nun eingeführt werden

$$\left.\begin{aligned} Q &= Q_0(1+2gt) \\ q &= q_0(1+2gt) \\ r &= r_0(1+2gt) \\ x &= x_0(1+2gt) \\ s &= \frac{s_0}{1+\alpha t} \end{aligned}\right\} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; 12)$$

wobei g den linearen Ausdehnungskoeffizienten des Glases, α den Ausdehnungskoeffizienten des Quecksilbers bezeichnet.

[1]) Für abweichende Formen des Rohres muß man bezüglich des Materials, aus welchem das Gefäß hergestellt ist, eine bestimmte Annahme machen, um dementsprechend den Ausdehnungskoeffizienten einführen zu können.

Hierdurch geht Gl. 11) über in

$$P = G + B s_0 Q_0 (1 + 2 g t) - s_0 \left\{k [Q_0 - q_0] - l x_0 - i r_0\right\} \frac{1 + 2 g t}{1 + \alpha t} \quad . \quad . \quad 13)$$

oder

$$P = G + B s_0 Q_0 (1 + 2 g t) - s_0 F \frac{1 + 2 g t}{1 + \alpha t} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 13')$$

wenn zur Abkürzung gesetzt wird

$$F = k [Q_0 - q_0] - l x_0 - i r_0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 14)$$

oder vermöge der Sonderkonstruktion des Barographenrohres (Gl. 1) noch einfacher

$$F = (k - i) r_0 - l x_0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 14')$$

Aus Gl. 13') erhält man durch Differentiation nach der Temperatur t zunächst

$$\frac{dP}{dt} = 2 B Q_0 s_0 g - s_0 \left\{ F \frac{d}{dt} \left(\frac{1 + 2 g t}{1 + \alpha t} \right) + \frac{1 + 2 g t}{1 + \alpha t} \cdot \frac{dF}{dt} \right\} \quad . \quad . \quad 15)$$

Die Bedingung, daß das Gewicht P von der Temperaturänderung unabhängig werde, führt hiernach zu der Gleichung

$$2 B Q_0 g = F \frac{d}{dt} \left(\frac{1 + 2 g t}{1 + \alpha t} \right) + \frac{1 + 2 g t}{1 + \alpha t} \cdot \frac{dF}{dt} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 16)$$

Nun ist

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{1 + 2 g t}{1 + \alpha t} \right) = \frac{2 g}{1 + \alpha t} - \frac{(1 + 2 g t) \alpha}{(1 + \alpha t)^2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 17)$$

$$\left[\frac{d}{dt} \left(\frac{1 + 2 g t}{1 + \alpha t} \right) \right]_{t = 0} = 2 g - \alpha \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 17')$$

Um nämlich die Ausdrücke nicht allzu kompliziert werden zu lassen, wollen wir uns auf die Ableitung derselben für den Sonderfall $t = 0^0$ beschränken und in Gl. 16) den Ausdruck 17') anstatt 17) substituieren.

Ganz dementsprechend soll

$$\frac{1 + 2 g t}{1 + \alpha t} = \left[\frac{1 + 2 g t}{1 + \alpha t} \right]_{t = 0} = 1 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 18)$$

gesetzt werden.

Für dF/dt erhalten wir nach Gl. 14') einfach

$$\frac{dF}{dt} = r_0 \left(\frac{dk}{dt} - \frac{di}{dt} \right) - x_0 \frac{dl}{dt} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 19)$$

Hierin läßt sich der letzte Anteil unmittelbar angeben, da l die Länge der Erweiterung bedeutet. Da das Material Glas ist, kann man schreiben

$$l = l_0 (1 + g t)$$

und erhält daraus

$$\frac{dl}{dt} = l_0 g \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 20)$$

In Bezug auf den ersten Term von dF/dt soll der Nachweis versucht werden, daß derselbe vernachlässigt werden kann.

Für den Augenblick möge L die ganze Länge des Glasrohres bezeichnen und L' die davon nur wenig verschiedene Höhe des eisernen Gerüstes, durch welches das Barometerrohr getragen wird. Bedeutet e den Ausdehnungskoeffizienten des Eisens, so ist

$$L' = L_0' (1 + e t),$$

ferner

$$L = L_0 (1 + g t).$$

Nun ist

$$i = L' - L,$$

$$\frac{di}{dt} = \frac{dL'}{dt} - \frac{dL}{dt}$$

oder

$$\frac{di}{dt} = l_0' e - l_0 g$$

schließlich angenähert

$$\frac{di}{dt} = l_0 (e - g).$$

Ist nun schon der Faktor $e - g$ an sich sehr klein, so müssen nach Fig. 1 di/dt und dk/dt so gut wie vollkommen übereinstimmen; hiernach ist es außerordentlich wahrscheinlich, daß in Gl. 19) der erste Term rechts ohne merklichen Fehler vernachlässigt werden kann.

Deshalb kann mit Rücksicht auf Gl. 20) schließlich gesetzt werden

$$\frac{dF}{dt} = - l_0 x_0 g \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 21)$$

Substituiert man nun die Ausdrücke 14'), 17'), 18) und 21) in Gl. 16), so erhält man zunächst

$$2 B Q_0 g = [(k - i) r_0 - l_0 x_0] (2 g - a) - l_0 x_0 g$$

und hieraus schließlich

$$l_0 x_0 = \frac{2 B Q_0 g}{a - 3 g} + \frac{r_0 (k - i) (a - 2 g)}{a - 3 g} \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 22)$$

Hiermit ist die oben gestellte Aufgabe gelöst, denn es stellt $l_0 x_0$ das Volumen der erforderlichen Erweiterung des Rohres dar[1]). Es möge ein Beispiel betrachtet werden. Ein für einen bestimmten Barographen in Aussicht genommenes Rohr hatte einen derartigen Querschnitt Q, daß bei Zimmertemperatur auf eine Länge von 3 *cm* eine Masse von 125,52 *g* entfiel, also

$$3 Q s = 125{,}52.$$

Hieraus findet man näherungsweise

$$Q = 3{,}0774 \; qcm.$$

Die Kompensation soll für den mittleren Barometerstand von $B = 75$ *cm* zutreffen.

Setzt man

$$g = 0{,}0000085 \qquad a = 0{,}0001815,$$

so nimmt das erste Glied den Wert

$$25{,}15 \; ccm$$

an.

Eine näherungsweise Berechnung des zweiten Gliedes sei auf der folgenden Basis ausgeführt

$$r_0 = 0{,}5 \; qcm \qquad k - i = 3 \; cm.$$

Der Faktor $\frac{a - 2g}{a - 3g}$ kann für den vorliegenden Zweck gleich 1 angenommen werden. Das zweite Glied wird dann

$$1{,}50 \; ccm.$$

Somit zusammen

$$l_0 x_0 = 26{,}6 \; ccm \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 23)$$

Wird z. B. $x_0 = Q_0 = 3{,}08$ *qcm* gewählt, also $Q_0 + x_0 = 6{,}16$ *qcm*, was einem Radius dieses weiten Teiles von 1,40 *cm* entspricht, so berechnet sich die Länge der Erweiterung zu

$$l_0 = 8{,}67 \; cm.$$

In dieser Weise wird nun bei der Herstellung der kompensierenden Erweiterung verfahren, d. h. man verleiht derselben ein Volumen von ungefähr 26,7 *ccm*, ohne auf

[1]) Die Formel 22) habe ich schon im ersten Bande (1893) der „Ergebnisse der meteorologischen Beobachtungen in Potsdam" auf *S. XIV* mitgeteilt.

die Weite des Rohres besondere Rücksicht zu nehmen, weil es sich ja eben nur um einen sekundären Temperatureinfluß handelt.

Übrigens fügte es der Zufall, daß das Mittel aus 17 Fällen mit dem von mir ausgerechneten Beispiele fast absolut übereinstimmte, während sich die wirklichen Wägungsergebnisse für 3 *cm* Höhe innerhalb der Grenzen von 117,4 und 134,6 *g* hielten; das Mittel war nämlich 125,6 *g*, gegen 125,5 *g* bei dem Beispiele. Natürlich steht es jederzeit frei, das genauere Verfahren ohne allzu große Mühe Platz greifen zu lassen[1]).

(Fortsetzung folgt.)

Ein neues Flimmerphotometer.

Von
Walter Bechstein in Berlin.

(Mitteilung aus den optischen und mechanischen Werkstätten von Franz Schmidt & Haensch.)

Durch das von Prof. Rood vor einigen Jahren entdeckte Flimmerprinzip (vgl. *diese Zeitschr.* **20.** *S. 190. 1900*) war die Grundlage zu einer neuen Art von Photometern gegeben, welche gestatten, farbige Lichtquellen mit anders gefärbten Normalen unabhängig von Farbenunterschieden und praktischen Erfahrungen meßbar zu vergleichen.

Die Konstruktion des neuen Flimmerphotometers ging aus folgenden Gesichtspunkten hervor.

a) Ein und dasselbe Gesichtsfeld soll abwechselnd von den zu vergleichenden Lichtquellen beleuchtet werden und zwar *alle Stellen des Gesichtsfeldes gleich stark und gleich lange Zeit.*

[1]) Bisher habe ich die in Rede stehende Kompensation nur für das Barometerrohr zu sich angestrebt, weil es sich dabei um ein bestimmtes physikalisches Problem handelt; denn das Rohr kann schlechterdings nur aus Glas bestehen und nur mit Quecksilber gefüllt werden.

Andeuten möchte ich indessen, daß, wie es scheint, auch die Kompensation des von der Ausdehnung des Wagebalkens herrührenden Temperatur-Einflusses mit eingeschlossen werden könnte. Bezeichnet man nämlich das Drehungsmoment mit M, die Länge des Wagebalkenarmes mit A, so ist

$$M = PA$$

$$\frac{dM}{dt} = P\frac{dA}{dt} + A\frac{dP}{dt}.$$

Bedeutet nun γ den thermischen Ausdehnungskoeffizienten des betreffenden Metalles, so ist

$$A = A_0(1 + \gamma t)$$

$$\frac{dA}{dt} = A_0\gamma,$$

und in Bezug auf P und dP/dt kann man auf die im Texte angestellten Betrachtungen zurückgreifen.

Stellt man nun wieder die Bedingung

$$\frac{dM}{dt} = 0,$$

so wird man schließlich zu einer ganz ähnlichen Näherungsformel wie oben gelangen, nämlich

$$l_0 x_0 = \frac{2\,B\,Q_0\,s_0\,g + r_0\,(k - i)\,s_0\,(\alpha - 2\,g) + P\gamma}{s_0\,(\alpha - 3\,g)}.$$

Nach rohem Überschlag ist das im Zähler neu hinzukommende Glied $P\gamma$ bei den gebräuchlichen Materialien, Messing und Aluminium, von derselben Größenordnung, wie das erste: $2\,B\,Q_0\,s_0\,g$, welches sich oben als ausschlaggebend erwiesen hat. Diese beiden Glieder haben außerdem dasselbe Vorzeichen, d. h. also: die Erweiterung muß größer gemacht werden, wenn sie auch noch den von der thermischen Ausdehnung des Wagebalkens herrührenden Einfluß kompensieren soll. Richtiger erscheint es mir aber, diesen Einfluß von vornherein tunlichst zu vermeiden, indem man den Wagebalken aus einem Material herstellt, dessen thermische Ausdehnung verschwindend gering ist, wie dies bei gewissen Sorten von Nickelstahl zutrifft.

b) Das Photometer soll umschlagbar sein, um Einseitigkeit, hervorgerufen durch eine Verschiedenheit der beiden beleuchteten Gipsflächen, zu vermeiden. Lichtquellen müssen unter verschiedenen Ausstrahlungs-Winkeln gemessen werden können.

c) Das Instrument soll einfach und billig sein und erschütterungsfrei arbeiten, weshalb oszillierende Körper vermieden werden müssen. Die Verwendbarkeit auf *schwachen* Photometerbänken muß zulässig sein.

Fig. 1.

1. Aus Fig. 1 ist ersichtlich, daß der diffus reflektierende Gipskörper G, ein Prisma, in der Brennweite einer keilförmigen Linse K und der Augendeckel mit der schlitzförmigen (oder runden) Öffnung A in der Brennweite der Linse L stehen. Das von der feststehenden Blende B begrenzte Gesichtsfeld kann mit L als Lupe scharf eingestellt werden. Rotiert K um die Achse des Instrumentes, so beschreibt das auf dem Gips liegende Bild A_1 des Augendeckels A eine Bahn, wie sie Fig. 2 zeigt.

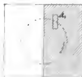


Fig. 2.

Bei richtiger Stellung von G wird demnach das *ganze* Gesichtsfeld während je einer halben Umdrehung der Keillinse von J_1 bezw. J_2 beleuchtet, somit die Bedingung unter a) erfüllt.

2. Der Gipskörper G ist um seine Achse drehbar und mit Anschlägen für Drehung um 180° versehen. Eine Ungleichheit der beiden Gipsflächen oder unrichtige Justierung können dadurch eliminiert werden.

Die Justierung des Instrumentes kann kontrolliert werden, indem K so gedreht wird, daß das Bild der Kante G im Schlitz des Augendeckels erscheint. Wird nun G um 180° gedreht und K unverändert gelassen, so muß das Bild der Kante dieselbe Lage wie vorher einnehmen. Zweckmäßig wird der Augendeckel mit einer Lupe betrachtet.

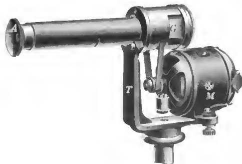


Fig. 3.

Sollen Lichtquellen unter verschiedenen Ausstrahlungs-Winkeln gemessen werden, so wird das ganze Instrument durch Drehung in der Buchse des Trägers T (Fig. 1) in entsprechende Stellungen gebracht, welche am Kreis durch einen Index abgelesen werden können.

3. Fig. 3 stellt die Gesamtansicht des Photometers dar, aber ohne Vorrichtung zur Messung unter verschiedenen Winkeln.

Die Umdrehung von K besorgt ein Gleichstrom-Elektromotor M von etwa $^1/_{60}$ PS für 110 oder 6 Volt; eventuell kann auch ein Drehstrommotor verwendet werden. Nach unseren bisherigen Erfahrungen ist ein Elektromotor zum Betrieb eines Flimmer-

photometers einem gleich teuren Uhrwerk entschieden vorzuziehen. Die Tourenzahl muß für jeden Beobachter und für den Grad der Verschiedenheit der Lichtquellen in Bezug auf Färbung *eingestellt* und dann *konstant* erhalten werden, was bei einem Elektromotor mit größter Leichtigkeit und Bequemlichkeit zu erreichen ist.

Fig. 4 deutet in schematischer Weise den Einfluß der falschen und richtigen Tourenzahlen an. Die Messung ist einerseits am genauesten möglich, je kürzer die Strecke ist, auf welcher das Flimmern verschwindet, andererseits fast unmöglich, wenn letzteres, wie es bei zu geringer Tourenzahl der Fall ist, überhaupt nicht aufhört. Stellen in Fig. 4 die Ordinaten die Stärken des Flimmerns dar, die Abszissen die Einstellung auf der Photometerbank und ist AB der Ort der richtigen Einstellung, so deutet die gebrochene Linie I den Fall einer zu niedrigen, II der richtigen, III einer zu hohen Tourenzahl an. Im Fall III ist auf der ganzen Strecke CD kein Flimmern mehr wahrzunehmen, eine Einstellung innerhalb dieser nur durch Interpolation zu schätzen.

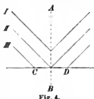


Fig. 4.

Aus den unten folgenden Zahlen geht hervor, daß das Instrument sich sowohl zur Photometrie von gleich als auch ungleich gefärbten Lichtquellen, sogar bei extremen Unterschieden in der Färbung, eignet. Zur Vergleichung dienten zwei gleiche, ruhig brennende Petroleumlampen J_1 und J_2, deren Licht durch vorgeschlagene farbige Gläser gefärbt wurde. Den Beobachtern A und C war bisher das Flimmerprinzip *gänzlich* unbekannt. Dessen ungeachtet ergab sich, wie ersichtlich, eine gute Übereinstimmung in den Einstellungen. Die Zahlen bedeuten die Entfernungen r_1 der Lichtquelle J_1 vom Photometer in Millimeter; $r_1 + r_2$ war für alle Messungen konstant gleich 1400 *mm*.

	J_1 weiß; J_2 weiß			J_1 grün (stark); J_2 weiß			J_1 rubinrot; J_2 blau (hell)		
	Beobachter			Beobachter			Beobachter		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
	699	700	696	477	484	481	629	617	617
	698	696	704	480	484	482	637	615	620
	704	700	698	476	487	482	637	614	621
	703	700	699	475	482	481	631	620	623
	699	704	698	472	484	483	633	615	626
	698	700	700	477	482	485	634	631	623
	700	700	701	474	480	483	632	618	625
	699	702	698	472	482	482	626	610	622
	699	701	697	475	478	483	630	623	628
	697	698	695	476	483	478	633	629	625
Mittel	699,6	700,1	698,6	475,4	482,6	482,0	632,2	619,2	623,0
Mittl. Fehl. einer Einst. in *mm* .	1,64	1,34	1,92	1,8	1,8	1,2	2,6	5,2	2,4
Fehler in % . .	0,94	0,77	1,09	1,15	1,13	0,76	1,5	3	1,4

Aus diesen Werten geht ferner deutlich hervor, daß Beobachter A durchweg Rot heller wahrnimmt als die beiden anderen Beobachter. Fig. 5 zeigt noch eine sehr einfache Vorrichtung zur Erzeugung des Flimmerphänomens, die sich aber weniger gut dazu eignet, Lichtquellen unter verschiedenen Winkeln zu messen.

Ein unter einem Winkel von etwa 45° stehender Gipsschirm G wird von einem Motor um die gezeichnete Achse gedreht, wodurch ebenfalls eine gleichmäßige wechselseitige Beleuchtung des Gesichtsfeldes B bewirkt wird. Einseitigkeit ist bei dieser Konstruktion natürlich ausgeschlossen, da *ein und dieselbe Fläche* zur Beleuchtung des Gesichtsfeldes B benutzt wird.

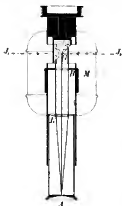


Fig. 5.

Bei dem in Fig. 1 dargestellten Photometer ließe sich der durch eine Verschiedenheit der Gipsflächen hervorgerufene Fehler ebenfalls gänzlich beseitigen, wenn man das Prisma durch einen Kegel, welcher an der Rotation teilnimmt, ersetzte, oder, was noch einfacher wäre, wenn der Umdrehungskörper bei A_1 ein entsprechend großes Gipsschirmchen trüge, welches dann bei der Rotation einen Teil des erwähnten Kegels bilden würde.

Zum Schluß sei noch erwähnt, daß gegenwärtig von der Firma Franz Schmidt & Haensch das zuerst beschriebene Instrument zum Straßenphotometer ausgearbeitet wird.

Referate.

Bemerkungen und Vorschläge zur geographischen Landmessung und direkten geographischen Ortsbestimmung.

Von E. A. Reaves. *Geograph. Journ., London* **23.** *S. 100. 1904.*

Wenn ich diesen Aufsatz des „*Map Curator*“ und Lehrers der englischen K. Geogr. Gesellschaft hier kurz anzeige, so geschieht es, weil sich der Verf. auch ziemlich eingehend über die instrumentelle Ausrüstung des Reisenden gemäß den heutigen Erfordernissen ausspricht.

Die großen Tage der Columbus, Drake und Cook sind freilich ein für allemal vorüber, und selbst Arbeiten, wie die von Livingstone oder Stanley sind, von den Polarregionen abgesehen, nirgends mehr zu tun; aber es ist geographisch noch genug zu leisten und, eben weil keine großen „neuen Länder“ mehr zu entdecken und zu erforschen sind, werden an die Aufnahmen des Reisenden in Zukunft immer höhere Anforderungen gestellt werden müssen, wenn sie unsere topographischen oder kartographischen Kenntnisse erweitern sollen; der reisende Kartograph und Topograph muß sich immer besser auf die für sein Gebiet in Betracht kommenden Messungsmethoden vorbereiten und immer sorgfältiger mit den dafür geeigneten Meßinstrumenten ausgerüstet werden. Die rasche Ausdehnung der Netze der Telegraphenlinien und Eisenbahnen, sowie der im Interesse von Grenzfestlegungen in Kolonialländern ausgeführten genauen Messungen verschafft zudem dem Reisenden Festpunkte, die immer weiter in das Innere der außereuropäischen Kontinente vordringen.

Von der „gewöhnlichen rohen Methode“ der Itineraraufnahme mit der Prismenbussole für die Richtungen und der Marschzeit oder der Schrittzahl für die Strecken des Reiseweges hält der Verf. wenig; vielleicht zu wenig: man vergleiche mit seinem Urteil das jüngst von Sven Hedin ausgesprochne, wohl nach der andern Seite übertreibende, aus Erfahrungen meist im übersichtlichen Wüstengebiet u. dgl. gewonnene (*Petermanns Geograph. Mitteilgn.* **50.** *S. 159. 1904*); daselbst werden die sog. astronomischen Messungen auf der Reise, die direkten geographischen Ortsbestimmungen, für überflüssig erklärt, indem der Verf. sich anheischig macht, „von einem gegebenen astronomisch bestimmten Punkte aus jeden beliebigen andern Punkt, selbst auf beinahe unbegrenzte Entfernung hin, aufzusuchen“, lediglich auf die

Routenaufnahme mit Bussole und Marschzeit sich stützend. Sehr viele Geographen werden allerdings diesem Urteil nicht zustimmen; vgl. über die relative Bedeutung direkter geographischer Ortsbestimmungen für die Routenaufnahme und über die Instrumente dabei auch meine Referate über geographische Landmessung im *Geograph. Jahrb. Gotha* **22.** *S. 37—118. 1899*; **24.** *S. 343—467. 1902.*

Es gehe für den Reisenden zwei Methoden, durch die er die Topographie des von ihm bereisten Landes fördern könne: die eine für den Fall anwendbar, daß „astronomisch" oder anderweit genügend sicher bestimmte „Festpunkte" in dem Land bereits vorhanden sind, auf die eine Erweiterung dieses Punktnetzes durch Triangulation gegründet werden kann, worauf dann die Einzelaufnahmen ausgeführt werden können, während bei der zweiten Methode auch die Festpunkte noch durch direkte geographische Ortsbestimmung hergestellt werden müssen. Was die Instrumente angeht, und zwar zunächst für den *zweiten* Fall, so empfiehlt der Verf. für die direkten geographischen Ortsbestimmungen vor allem den Theodolit (Transit-Theodolit der Engländer und Amerikaner); es gebe freilich Fälle, in denen Transportschwierigkeiten für den Theodolit dem Sextanten (oder Spiegelprismenkreis) den Vorzug verschaffen, wennschon oft genug noch ganz andere Dinge mitgenommen werden von viel größerem Gewicht und Umfang, aber von viel geringerer Wichtigkeit als ein 6-zölliger Theodolit. Mit diesem Instrument sei es sehr leicht, eine geographische Breite rasch auf wenige Sekunden genau zu messen, während mit dem Sextanten, auch bei gut untersuchtem Instrument, schon große Übung u. s. w. dazu gehöre, um 10" zu erreichen; der Sextant soll dem Seefahrer als Instrument überlassen bleiben. Es ist erfreulich, diese Äußerung aus englischem Mund zu hören; zweifellos ist, daß die Spiegelinstrumente auch heute noch für Landexpeditionen zu sehr in den Vordergrund gestellt werden. Nach *Petermanns Geograph. Mitteilgn.* **49.** *S. 198. 1903* war z. B. die Expedition des Grafen Wickenburg von Dschibuti nach Lamu im Jahr 1901 nur mit einem Sextanten (von Negretti & Zambra) ausgerüstet, nicht mit einem Theodolit. Vgl. über Sextant contra Theodolit auch meine oben bereits angeführten Referate, besonders das zweite. Als „Reise"-Theodolit empfiehlt der Verf. einen 6-zölligen (15 *cm* Kreisdurchmesser), zur Ablesung mit Schraubenmikroskopen auf 5" oder durch Schätzung 2" oder für Nonienablesung von 10" eingerichteten (10" bei 15 *cm* Kreisdurchmesser geht nicht, ebensowenig wie 2" beim Schraubenmikrometer); Nonieninstrumente sind hier jedenfalls vorzuziehen, die Ablesung ist ja weniger genau, dafür aber auch der Nonius kaum verletzbar. Der Verf. tadelt, daß die Höhenlibelle oft statt am Nonienarm auf dem Fernrohr angebracht sei; doch ist auch eine solche Libelle ganz brauchbar, wenn sie gut justiert ist, Achse parallel Fernrohrziellinie, oder wenn eine Wendelibelle angebracht ist. Die Anwendung von drei Stellschrauben am Unterbau statt der oft in England noch gebrauchten vier hält auch der Verf. für bequemer. Im Fernrohr sollen drei Horizontalfäden sein, davon zwei bewegliche Distanzfäden; der Ref. kann nur vor beweglichen Distanzfäden warnen. Die runde Theodolit-Bussole sei zweckmäßig durch eine Kästchenbussole von der auf dem Meßtisch üblichen Form zu ersetzen; jedoch bietet nach Ansicht des Ref. auch ein Vollkreis an der auf die Kippachse nach Bedarf aufsetzbaren Bussole für viele Zwecke großen Vorteil.

Für die erste der oben genannten Methoden, Festpunkte bereits vorhanden, auf die die weitere Aufnahme gegründet werden kann, sei zweifellos der *Meßtisch* das wichtigste Instrument, der so einfach als möglich, leicht und doch dauerhaft sein muß. Ein *Fernrohr-Meßtischaufsatz* soll nicht fehlen, er kann leicht bequem zum Transport eingerichtet werden; ebenso müssen jedenfalls Höhenwinkel entweder mit dieser Kippregel oder einem besondern Klinometer gemessen werden können. Der Verf. empfiehlt eine Tischplatte von 60 × 45 *cm*, nur im Gebirge müsse sie viel kleiner und sehr leicht sein. Der Meßtisch sollte nach dem Verf. viel mehr angewandt werden; selbst bei der Zugmessung leiste er mehr als die Prismenbussole.

Von sonstiger Ausrüstung mit Instrumenten nennt der Verf. noch Uhren und zwar Halbchronometer, ferner ein transportables Quecksilberbarometer (wobei nach der jetzt in

Eagland herrschenden Ansicht das Georgesche für das beste erklärt wird), Aneroide und Siedethermometer. Auf die Uhren wird näher eingegangen; das beste Modell sei zweifellos das der *Roy. Geogr. Society* in Lendon, ein Halbchronometer in wasserdichtem Gehäuse. Der Reisende soll wenigstens drei dieser Uhren mit sich führen.

Auch für die Ausführung und Verwendung von Beobachtungen mit den eben aufgeführten Instrumenten finden sich zahlreiche Notizen in dem Aufsatz. Vor der Ausführung von Längenbestimmungen wird im allgemeinen gewarnt und dafür die „Breiten- und Azimut-Methode“ empfohlen; am ehesten sei für absolute Längen noch etwas von den Okkultationen von Sternen durch den Mond zu erwarten, wenn ein genügendes Fernrohr zu ihrer Beobachtung zu Gebot stehe. Der Verf. stimmt also auch hier mit neueren Urteilen deutscher und französischer Geodäten überein. *Hammer.*

Notizen zur Tachymetrie; eine Vergleichung der Systeme.

Von A. Bell. *Engineering* **78.** *S. 528. 1904.*

Die zwei tachymetrischen „Systeme“, die der Verf. vergleicht, sind: Lattenhaltung vertikal und Lattenhaltung normal zur Zielung. In Deutschland ist bekanntlich bereits eine umfangreiche Literatur über diesen Gegenstand vorhanden und man erinnert sich besonders der Jordan-Wagnerschen Kontroverse, in der Jordan für die vertikale Lattenhaltung, C. Wagner, der Erfinder des am weitesten verbreiteten „Projektionstachymeters“ und des Tachygraphometers, für die Haltung der Latte normal zur Visur eintrat.

Es ist von Interesse, auch eine englische Stimme zu diesem Streit der Ansichten und Erfahrungen zu vernehmen. Um das Resultat vorweg mitzuteilen, so sagt Bell am Schluß: „Der Verf. muß sich dahin aussprechen, daß nach seiner Meinung das „normale System“ (Lattenhaltung normal zur Zielung) „in jeder Beziehung dem vertikalen System überlegen ist; und die Tatsache, daß das zuerst genannte System die Genauigkeit der Messung nicht in die Hand des Lattenträgers, sondern in die des Aufnehmenden legt, sollte allein schon zu seiner allgemeinen Annahme genügen.“

Der Verf. entwickelt für die beiden oben genannten Fälle die genauen Formeln für schiefe Länge zwischen Aufstellungspunkt des Instruments (Schnittpunkt der drei Achsen) und im ersten Fall Mittelfadenpunkt der Latte, im zweiten Fall Lattenrichtung, sodann für die entsprechende Horizontaldistanz (im zweiten Fall bis zum Lattenfußpunkt) und endlich für den Höhenunterschied zwischen Kippachse und im ersten Fall Mittelfadenpunkt, im zweiten Fall Lattenstandpunkt. Wenn (mit Anwendung der bei uns üblichen Bezeichnungen) α den Höhenwinkel der Mittelvisur und l das Lattenstück zwischen den beiden Distanzfäden (an der senkrecht stehenden oder an der normal zur Zielrichtung gehaltenen Latte) bedeutet, ferner 2β den mikrometrischen Winkel ($\beta + \beta$ zu beiden Seiten des Mittelfadens), endlich c und k die Konstanten des entfernungsmessenden Fernrohrs, so wird

im 1. Fall, *Latte vertikal*:

$$\text{schiefe Entfernung} = c + kl\cos\alpha - kl\,\mathrm{tg}^2\beta\sin\alpha\,\mathrm{tg}\,\alpha$$
$$\text{horizontale „} = c\cos\alpha + kl\cos^2\alpha - kl\,\mathrm{tg}^2\beta\sin^2\alpha$$
$$\text{Höhenunterschied} = c\sin\alpha + kl\cos\alpha\sin\alpha - kl\,\mathrm{tg}^2\beta \cdot \frac{\sin^2\alpha}{\cos\alpha}.$$

Vernachlässigt man die Glieder, in denen der sehr kleine Faktor $\mathrm{tg}^2\beta$ vorkommt, so gehen diese Gleichungen über in

$$\text{horizontale Entfernung} = c\cos\alpha + kl\cos^2\alpha$$
$$\text{Höhenunterschied} = c\sin\alpha + kl\,\frac{1}{2}\sin 2\alpha.$$

Im 2. Fall, *Latte normal* zur Zielung, werden diese Gleichungen nach dem Verf. „einfacher“. Wird der Lattenabschnitt wieder mit l bezeichnet, so ist die

$$\text{schiefe Entfernung} = c + kl,$$

also, wenn noch h die Höhe der Mittelfadenablesung über dem Boden bezeichnet,

$$\text{horizontale Entfernung} = (c + kl)\cos\alpha + h\sin\alpha$$
$$\text{Höhenunterschied} = (c + kl)\sin\alpha - h\cos\alpha.$$

Aber diese „einfacheren" Gleichungen für den zweiten Fall gehen dem Verf. nicht den Ausschlag, dieser wird vielmehr geliefert durch die Fehlerbetrachtung, nämlich des Einflusses eines Fehlers in der Lattenhaltung. Selbstverständlich wirkt im System 2 ein bestimmter Winkelfehler in der Lattenhaltung weit weniger schlimm als derselbe Fehler in der Lattenhaltung im System 1, und dieser Unterschied in der Wirkung wird um so größer, je größer der (absolute) Höhenwinkel wird. Aber es wird bei dieser Vergleichung, und so auch hier, immer vergessen, daß 1. die Höhenwinkel in der weitaus überwiegenden Zahl von Fällen und besonders meist dort, wo es auf Genauigkeit ankommt, eben *nicht groß* sind, und 2., daß größere Fehler in der Lattenhaltung bei vertikal gehaltener Latte viel seltener zu erwarten sind als bei der Haltung normal zur Visur. Der Verf. hat sich zwar eine Latteneinrichtung patentieren lassen, bei der vom Instrument aus beurteilt werden kann, ob der Lattenträger die Latte genügend normal zur Visur hält; sie besteht aus zwei genau gleichen quadratischen Platten, die an den beiden Enden über das vom Lattenträger gegen das Instrument zu richtende Diopterrohr geschoben sind und bei denen an der vordern die gegen das Instrument gekehrte Seite schwarz, an der hintern weiß ist. Die Wirkung ist klar; ähnliche Vorrichtungen sind bei uns von Wagner her bekannt. Aber es gibt bekanntlich auch bei vertikaler Lattenstellung Vorrichtungen zur Kontrolle der richtigen Lattenhaltung vom Instrument aus, und einen Fehler von 3° in der Stellung der Latte wird für diesen Fall überhaupt nur ein Meßgehülfe begehen, der auch sonst nicht brauchbar ist.

Auch an dem Tachymeterfeldbuch des Verf. wären verschiedene Abänderungsvorschläge angezeigt.

Die Ausführungen von Bell haben dem Referenten nicht von der Überlegenheit des „Systems": Latte normal zur Zielung, überzeugt; jedenfalls nicht für die *wichtigere*, weniger genaue Form der Tachymetrie, die ich im Vortrag der Kürze halber als T_2 (topographische Tachymetrie im Gegensatz zur Präzisions-Tachymetrie oder T_1) zu bezeichnen pflege.

Hammer.

Die Bildung fester Körper bei niederen Temperaturen, besonders mit Rücksicht auf festen Wasserstoff.

Von M. W. Travers. *Nature* **69.** *S. 477. 1904.*

Bereits im Jahre 1902 hatte der Verf. zusammen mit Jacquerod festen Wasserstoff dargestellt und seinen Schmelzpunkt bei einem Druck von 40 bis 50 *mm* Hg zu 14,1° abs. der He-Skale gefunden. In dem angewandten Apparate konnte jedoch das Festwerden nur mechanisch nachgewiesen, nicht visuell beobachtet werden. Da auch die Angabe Dewars, der den festen Wasserstoff als „gefrorenen Schaum" oder „durchsichtiges klares Eis" beschreibt, nicht ganz deutlich ist, sucht der Verf. zu entscheiden, ob er gut geformte Kristalle oder eine glasige Substanz bildet, die dann entweder wirklich fest oder „pseudo-fest", d. h. eine Flüssigkeit von sehr hoher Viskosität sein kann.

Daß beide Arten des „Erstarrens" bei niederen Temperaturen wirklich auftreten, zeigt z. B. der Azetessigester, der langsam abgekühlt bei — 150° kristallinisch, schnell abgekühlt jedoch glasig erstarrt und zwar in diesem Falle pseudo-fest wird.

In einem neuen durchsichtigen Apparate wird nun flüssiger Wasserstoff im Vakuum sieden gelassen. Nach einiger Zeit scheiden sich dann darin Flocken ab, ohne daß jedoch die Flüssigkeit selbst wesentlich schwerflüssiger würde. Bald wird das Ganze von den Flocken pastenartig und endlich fast homogen. Hiernach ist der feste Wasserstoff wahrscheinlich kristallinisch und nicht pseudo-fest, wofür insbesondere auch die Schärfe des Schmelzpunktes spricht.

Immerhin muß die Möglichkeit der Bildung pseudo-fester Körper im Auge behalten werden, da die Viskosität bei niederen Temperaturen vermutlich sehr stark wächst. Die ganze Frage nach ihrer Existenz ist nicht nur von physikalischem, sondern auch von physiologischem Interesse, da möglicherweise allein die Bildung von kristallinisch festen Substanzen den Tod lebender Organismen beim Erstarren herbeiführt. *Hffm.*

Ein neuer spektraler Farbenmischapparat.

Von L. Asher. *Verhandl. d. Deutsch. physik. Gesellsch.* 5. *S. 1. 1903.*

Dieser von der Firma Franz Schmidt & Haensch in Berlin ausgeführte Farbenmischapparat unterscheidet sich hauptsächlich dadurch von anderen, daß die spektrale Zerlegung des Lichtes nicht durch ein Prisma, sondern durch ein Gitter bewirkt wird, und zwar werden die Thorpeschen Reproduktionen Rowlandscher Gitter benutzt. Ein solches Gitter befindet sich bei G (Fig. 1). Es erhält Licht von dem Gasglühlichtbrenner A durch die zylindrischen Reflektoren C_1 und C_2. Diese werfen das Licht durch die vier Spalte S_1, S_2, S_1' und S_2' und die Objektive O_1 und O_2 auf das Gitter. Die aus letzterem austretenden Strahlen werden mit Hülfe des Objektivs O_3, nachdem sie das Zwillingsprisma Z passiert haben, in der Ebene des Okularspaltes OS zu Spektren vereinigt. Durch OS hindurch wird das Zwillingsprisma mit Hülfe des Fernrohres $O_5 L$ betrachtet. In der Faden-

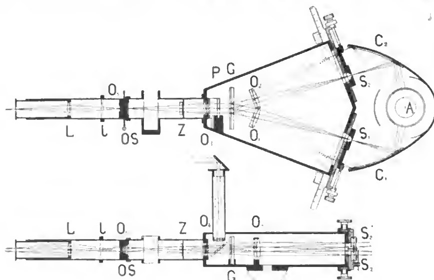


Fig. 1.

kreuzebene dieses Fernrohres befindet sich bei l eine Irisblende zur Abblendung des Gesichtsfeldes. Man erhält das übliche kreisrunde Gesichtsfeld, welches durch eine horizontale Trennungslinie in zwei gleiche Teile geteilt wird.

Die Spalte stehen so, daß nur Licht der Spektra erster Ordnung ins Auge gelangen kann. S_1 und S_1' und ebenso S_2 und S_2' liegen in verschiedener Höhe. Die ersteren schicken Licht in die eine Gesichtsfeldhälfte, die letzteren in die andere. Zur Änderung der Wellenlänge lassen sich alle Spalte in Richtung der Spektra meßbar verschieben. Man kann nun offenbar mit Hülfe von S_1 und S_2 in der einen Gesichtsfeldhälfte jede Mischung aus zwei beliebigen homogenen Komponenten herstellen, ebenso mit Hülfe von S_1' und S_2' in der anderen Gesichtsfeldhälfte. Die Intensität jeder Komponente wird durch die betreffende Spaltbreite meßbar verändert. Jeder Spalt kann durch ein besonderes Verschlußstück abgedeckt werden. Bei O_4 befindet sich eine Vorrichtung, um in eine der Gesichtsfeldhälften weißes Licht hineinzuspiegeln. Auch ist eine Einrichtung zur Einschaltung eines Episkotisters vorhanden.

Die Hauptvorzüge des Apparats liegen in der durch die Benutzung des Gitters ermöglichten Einfachheit der Konstruktion. Insbesondere ist es ein großer Vorteil, daß die Beleuchtung beider Gesichtsfeldhälften zwanglos durch dieselbe Lichtquelle geschieht. Der

Hauptmangel besteht darin, daß man nicht die Gesamtintensität einer Farbenmischung durch *eine* Bewegung bewirken, sondern nur die Intensität jeder Komponente für sich verändern kann. Bei einer solchen Veränderung wird aber das Verhältnis der Komponenten, also die Farbe, jedesmal zerstört. Die Firma Schmidt & Haensch ist damit beschäftigt, diesen Mangel zu beseitigen.

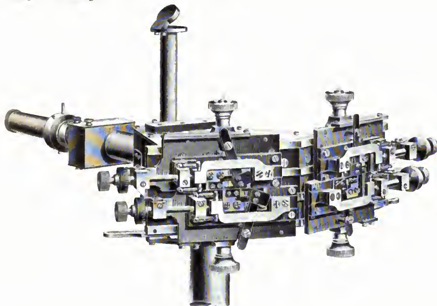


Fig. 2.

Entsprechend der Einfachheit der Konstruktion ist der Apparat verhältnismäßig billig (600 M.), namentlich, wenn man sich mit einfachen Spalten an Stelle von bilateral verschiebbaren begnügen kann. Fig. 2 zeigt eine perspektivische Ansicht des Apparats ohne die Beleuchtungsvorrichtung (Lampe und Reflektor). *E. Br.*

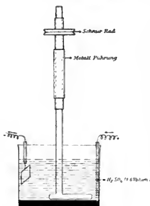
Quecksilbersulfat und Normalelemente.

Von G. A. Hulett. *Zeitschr. f. phys. Chem.* **49.** *S. 483. 1904.*

Wie Jaeger und Lindeck gezeigt haben, können bei den Kadmium-Normalelementen Abweichungen in der elektromotorischen Kraft bis zu mehreren Zehntausendsteln auftreten, wenn man bei ihrer Herstellung Merkurosulfat verschiedener Herkunft und Darstellungsweise anwendet. Die Ursache hiervon war bisher unbekannt und Verf. unternimmt es, nicht nur diese Unsicherheit fortzuschaffen, sondern versucht auch, den Grund dafür aufzufinden. Ob ihm das erstere gelungen ist, muß die Erfahrung lehren; die Betrachtungen über die Ursache der Abweichungen sind aber nach Ansicht des Ref., abgesehen von ziemlicher Unklarheit in der Darstellung, teilweise unrichtig und widersprechend, sodaß sie kaum genügende Aufklärung bieten können.

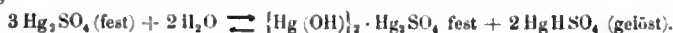
Um Störungen durch andere Stoffe zu vermeiden, stellt der Verf. das Merkurosulfat aus Quecksilber und Schwefelsäure dar, und zwar, da die freiwillige Bildung nur bei höherer Temperatur in konzentrierter Schwefelsäure erfolgt, auf elektrolytischem Wege. Die Elektrolyse geschieht in einem zylindrischen Glasgefäße von 100 bis 150 cm^2 Bodenfläche (s. die Figur). Eine etwa 2 *cm* hohe Schicht von Quecksilber, welcher der Strom durch einen in Glas eingeschmolzenen Platindraht zugeführt wird, bildet die Anode, während in den Elektrolyten, verdünnte Schwefelsäure (1:6 dem Volumen nach), ein Platinblech als Kathode eintaucht. Dicht

über die Quecksilberoberfläche streicht ein schnell rotierender Rührer hin. Die als passend gefundene Stromstärke von $\frac{1}{2}$ Amp. liefert in der Stunde $5\,g$ Hg_2SO_4. Nachdem das so entstandene Merkurosulfat mit $CdSO_4$-Lösung ausgewaschen war, wurden mehrere Elemente damit hergestellt, die ihren endgültigen Wert sofort annahmen und auf $\pm 1 \times 10^{-5}$ Volt miteinander übereinstimmten. Als absoluter Wert wird 1,01908 Int. Volt bei 21,1° C. angegeben, ohne daß mitgeteilt wird, auf welche Weise diese Zahl erhalten wurde. Unabhängig von dem Verf. hat auch Hr. Wolff im *Bureau of Standards* in Washington auf demselben Wege Merkurosulfat hergestellt. Es ist jedoch noch nicht bekannt geworden, inwieweit die beiden Präparate übereinstimmen. Wendete der Verf. bei der Elektrolyse eine verdünntere Schwefelsäure an, als die oben erwähnte, so erhielt er eine um 1×10^{-4} Volt höhere elektromotorische Kraft, was er der Bildung von basischem Salze zuschiebt, die nach seiner Meinung schon bei einer Schwefelsäurekonzentration von 1 Grammolekül in 4 Liter merklich werden soll.



Im Kadmium-Normalelement muß sowohl einwertiges als zweiwertiges Quecksilber vorhanden sein, von letzterem läßt sich aber nur eine sehr geringe Menge nachweisen. Der Verf. findet auf zwei verschiedenen Wegen das Verhältnis Merkuro : Merkuri gleich 40 und gleich 200. Nach sonstigen Erfahrungen über das Gleichgewicht verschiedener Oxydationsstufen müßte es für die resultierende Lösung gleichgültig sein, ob man Quecksilber und gesättigte Kadmiumsulfatlösung mit Merkuri- oder mit Merkurosulfat zusammenschüttelt. In der Tat wurde auch reines Merkurisulfat auf diese Weise bis zum Gleichgewicht umgewandelt und lieferte ein Element von nur 3×10^{-5} Volt höherer Spannung als die mit elektrolytischem Merkurosulfat hergestellten. Ging man jedoch von reinem Merkurosulfat aus, so erhielt man selbst nach zehntägigem Schütteln noch Elemente, die erst eine viel höhere, schließlich aber noch eine um 5×10^{-4} Volt höhere elektromotorische Kraft hatten, als die „normalen“. Der Verf. sucht diese Abweichung durch eine hydrolysierende Wirkung des Kadmiumsulfats zu erklären. Es ist aber klar, daß diese Erscheinung auch bei allen anderen Elementen beobachtet werden müßte, und vor allem ist dann das Zurückgehen der elektromotorischen Kraft nach dem Zusammensetzen unverständlich, da ja das Gleichgewicht durch Schütteln bereits erreicht war.

Um über die Hydrolyse des Merkurosulfats Klarheit zu gewinnen, untersucht der Verf. die wäßrige Lösung dieses Salzes und findet, daß der Vorgang nach folgender Gleichung vor sich geht:



$$3\,Hg_2SO_4\,(\text{fest}) + 2\,H_2O \rightleftarrows \{Hg\,(OH)\}_2 \cdot Hg_2SO_4\ \text{fest} + 2\,HgHSO_4\ (\text{gelöst}).$$

Die Konzentration des $HgHSO_4$ wurde zu 0,0023 Grammoleküle im Liter gefunden. Ferner studierte Huiett die Abhängigkeit der Löslichkeit des Merkurosulfats von der Konzentration der als Lösungsmittel benutzten Schwefelsäure und glaubt auch hier deutliche Anzeichen dafür gefunden zu haben, daß die Hydrolyse bei einer H_2SO_4-Konzentration von 1 Grammolekül in 4 Liter „anfängt“.

Der Verf. sieht überhaupt in der Hydrolyse den einzigen Grund für die Unsicherheit der Elemente und meint, daß, je nachdem mehr oder weniger basisches Salz dem Merkurosulfat beigemengt ist, die Abweichungen vom Normalwerte größer oder kleiner sind. Daß eine Verunreinigung durch basisches Salz eine Vergrößerung der elektromotorischen Kraft zur Folge haben muß, ist richtig, nach der Phasenregel aber ist es ausgeschlossen, daß die absolute Menge dabei von Einfluß ist.

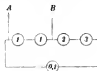
Zum Schlusse werden noch die bei der Konstruktion von Normalelementen zu beobachtenden Gesichtspunkte besprochen, die aber außer der Anwendung des elektrolytischen Merkurosulfats nichts Neues bieten. An dieser Stelle geschieht der Störung durch Verun-

reinigungen Erwähnung und Verf. findet, daß 1 Prozent $ZnSO_4$ in der Lösung überhaupt keine, 1 Teil Zn auf 99 Cd im Amalgam eine kleine, wahrscheinlich vorübergehende Erhöhung der elektromotorischen Kraft von 1×10^{-4} Volt bewirkt. *v. St.*

Bestimmung der elektromotorischen Kraft des Clarkschen Elements.

Nach The Electrician **53.** *S. 916. 1904.*

Die Mitteilung enthält einen kurzen Bericht über eine Bestimmung der elektromotorischen Kraft des Clarkschen Elements, die im *Electrical Standards Laboratory* des *Board of Trade* in London ausgeführt wurde, wobei man auf das Normal-Ohm und die Normal-Ampere-Wage des genannten Laboratoriums zurückging, d. h. also auf die englischen gesetzlichen Urnormale. Als Widerstand diente dabei eine Manganinbüchse Nr. 343 von Elliott von ungefähr 1,434 Ohm Widerstand, die von einem Strom von 1 Ampere durchflossen wurde; dieser wurde mit der erwähnten Stromwage gemessen. Die Büchse wurde mit der in der Figur skizzierten Widerstandsanordnung auf das Normal-Ohm bezogen. Die Anordnung besteht aus den hinter einander verbundenen Büchsen von 1 + 1 + 2 + 3 + 0,1 Ohm, von denen die letzte auf 1 Promille bekannt war, während die anderen mittels der Brückenanordnung von Carey Foster (vgl. F. Kohlrausch, Lehrbuch der Physik 1901, *S. 395*) auf das Normal-Ohm zurückgeführt wurden. Bei Abzweigung an den Stellen *A* und *B* hat diese Widerstandskombination einen dem Wert 1,434 Ohm nahe kommenden Wert; die Kombination wurde mittels der Fosterschen Brücke mit der Büchse Nr. 343 verglichen und der Widerstand der letzteren zu $1,4343_6$ Ohm bei 15° bestimmt, sodaß die Spannung an den Enden derselben beim Einspielen der Stromwage ebensoviel Volt betrug. Diese Spannung wurde mit der elektromotorischen Kraft eines Clarkschen Elements — es diente dazu ein frisch von O. Wolff in Berlin bezogenes und mit Prüfungsschein der Reichsanstalt versehenes Element Nr. 2530 — mit Hülfe eines Cromptonschen Kompensationsapparates von kleinem Widerstand verglichen. Die Messungen im Januar 1904 ergaben für das Clarksche Element, das vorher 48 Stunden in einem bis auf $^1/_{20}$° konstanten Raum gestanden hatte, den Wert von 1,4328 Volt bei 15°, also genau den von der Reichsanstalt seit einer Reihe von Jahren angenommenen Normalwert des Elements. Der Bericht nennt dies selbst eine erstaunliche Übereinstimmung, doch darf man nicht vergessen, daß dies Ergebnis bei einem einzigen Elemente leicht ein Zufall sein kann; leider ist der in dem Prüfschein der Reichsanstalt für dies Element angegebene Wert nicht mitgeteilt. Ein anderes Element (Nr. 1712 von Wolff) hatte im Juli 1903 den Wert 1,4325 Volt bei 15° ergeben. Es wird aus diesen Ergebnissen der nach dem Vorstehenden wohl etwas zu weit gehende Schluß gezogen, daß die englischen elektrischen Einheiten sich in genauer Übereinstimmung mit denen der Reichsanstalt befinden. Das englische Elektrizitätsgesetz von 1894 setzt dagegen fest, daß die Einheit der elektrischen Spannung dargestellt wird durch 0,6974 = 1000/1434 von der Spannung eines Clarkschen Elements von 15°. Diese auch in die Gesetze anderer Länder aufgenommene Zahl, 1,434[1]) Volt für die Spannung des Clarkschen Elements bei 15°, weicht von dem obigen Wert um fast 1 Promille ab. *W. J.*



Eine neue Art des ballistischen Galvanometers.

Von E. Grassot. *Journ. de phys.* **3.** *S. 696. 1904; L'Électricien* **28.** *S. 113 u. 133. 1904.*

Der Verf. legt ein Drehspulen-Galvanometer von so kleiner Direktionskraft und so großer Dämpfung zugrunde, daß nach einer Ablenkung aus der Ruhelage die Direktionskraft allein während einer kürzeren Beobachtungsdauer keine merkliche Rückwärtsbewegung

[1]) Bekanntlich sind zur Zeit Bestrebungen vorhanden, diese Zahl zu ändern bezw. für das Clarksche Element das Westonsche Kadmium-Element mit einer besser stimmenden Zahl einzuführen (vgl. *Elektrotechn. Zeitschr.* **25.** *S. 669. 1904*); in das deutsche Elektrizitätsgesetz ist keine Zahl für die elektromotorische Kraft eines Normalelements aufgenommen worden. D. Ref.

hervorbringt. Der Ausschlag eines solchen Instruments mißt, wie jedes ballistische Galvanometer, Elektrizitätsmengen bezw. Zeitintegrale der elektromotorischen Kraft. Ein Unterschied gegen die gewöhnlichen ballistischen Galvanometer ist jedoch, daß der Ausschlag fast momentan erfolgt und nicht zurückgeht, sodaß ein zweiter Stromstoß einen neuen Ausschlag hervorbringt, der sich einfach zum ersten addiert. Verbindet man also das Instrument mit einer Induktionsspule, so wird bei jeder Änderung der durch diese tretenden Kraftlinienzahl ein Induktionsstoß und eine entsprechende Ablenkung des Instrumentes erfolgen derart, daß die Einstellung in jedem Augenblick die durch die Spule gehende Kraftlinienzahl angibt.

Ein weiterer Unterschied liegt in dem verschiedenen Einfluß von Ballastwiderstand. Bei den ballistischen Nadel-Galvanometern sind die Ausschläge unabhängig vom Widerstand proportional der hindurchfließenden Elektrizitätsmenge. Bei den gewöhnlichen ballistischen Drehspulen-Galvanometern werden durch Einschalten von Ballastwiderstand infolge der langsamen Abnahme der Dämpfung die Ausschläge für eine bestimmte Elektrizitätsmenge (z. B. eine Kondensatorentladung) größer, für ein bestimmtes Zeitintegral der elektromotorischen Kraft (z. B. einen Induktionsstoß) kleiner. Der Betrag dieses Einflusses hängt von der Größe der vorhandenen Dämpfung ab. Ein ungedämpftes Drehspulengalvanometer verhält sich wie ein Nadelinstrument; ein so stark gedämpftes wie das vom Verf. konstruierte und *„fluxmètre"* genannte Instrument stellt den anderen Grenzfall dar. Die Ausschläge sind unabhängig vom Widerstand proportional dem Zeitintegral der elektromotorischen Kraft. Das mit einer Induktionsspule verbundene Instrument gibt also den Kraftlinienfluß unabhängig von dem Widerstand des Stromkreises, wodurch der Name *„fluxmètre"* begründet ist.

Von der *Compagnie pour la fabrication des compteurs* in Paris wird das Instrument in der Form der gewöhnlichen Strom- und Spannungsmesser mit Zeigerablesung ausgeführt, für Laboratoriumsgebrauch wird es mit Spiegelablesung versehen. Die Spule ist an einem Kokonfaden aufgehängt, der zur Vermeidung von Erschütterungen am Ende einer Spiralfeder befestigt ist. Die Stromzuleitungen bilden zwei Spiralen aus äußerst dünnem Silberband. Durch eine mechanische Vorrichtung läßt sich der Zeiger auf den Nullpunkt der Skale zurückführen.

Von den mannigfaltigen Anwendungen, in welchen das beschriebene Instrument seine Vorteile gegenüber dem gewöhnlichen ballistischen Galvanometer zeigt, sei die Untersuchung eines magnetischen Feldes, z. B. der Streuung einer Dynamomaschine erwähnt. Führt man die Induktionsspule durch das Feld, so gibt die Einstellung des Instrumentes in jedem Augenblick die hindurchtretende Kraftlinienzahl, sodaß man leicht die Richtung des Feldes, die Lage der Maxima und Minima u. s. w. findet; führt man die Spule langsam über einen beliebig gebogenen Magneten, so gibt die Bewegung des Zeigers direkt ein Bild von der Verteilung der Magnetisierung.

Der Verf. gibt noch an, daß man sein Instrument zur direkten Aufnahme von Hysteresiskurven verwenden kann, indem man an der Achse einen Spiegel befestigt, den Magnetisierungsstrom durch einen Strommesser mit horizontaler Achse und vertikalem Spiegel schickt und einen leuchtenden Punkt an beiden Spiegeln reflektiert.

Es liegt in der Natur der Sache, daß die Vorzüge des *„fluxmètre"* nur auf Kosten der Empfindlichkeit erreicht werden können; indessen mag diese für die meisten Anwendungen ausreichen. *Dst.*

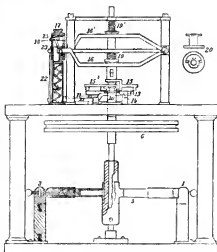
Automatischer Kommutator und Galvanometerschlüssel zum Messen periodisch wiederkehrender Erscheinungen.

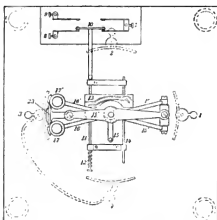
Von A. W. Gray. *Phys. Rev.* **19.** *S. 293. 1904; Ann. d. Physik* **15.** *S. 596. 1904.*

Der Apparat soll dazu dienen, ein Galvanometer in den Stromkreis eines in rascher Aufeinanderfolge geladenen und entladenen Kondensators automatisch hinreichend lange einzuschalten, um eine *einzelne* Ladung oder Entladung ballistisch messen zu können, und stellt in der angegebenen Form eine Verbesserung einer früher vom Verf. mitgeteilten Konstruktion dar (vgl. *Ann. d. Physik* **13.** *S. 481. 1904*). Der Apparat besteht aus zwei Teilen,

einem Kommutator, welcher das Laden und Entladen des Kondensators (es handelt sich im vorliegenden Fall um einen Siemensschen Ozongenerator) bewirkt und aus einem über demselben angebrachten Schlüssel, welcher die Verbindung des Kondensators mit dem Galvanometer beim Niederdrücken einer Taste herstellt und dann im geeigneten Moment automatisch unterbricht, bis die Taste von neuem niedergedrückt wird.

Der Kommutator besteht aus den vier gut isolierten Metallkugeln *1*, *2*, *3*, *4*, die gleichmäßig auf der Peripherie eines Kreises verteilt sind, und einer um eine vertikale Achse drehbaren Metallstange *5* mit federnden Kontakten, durch welche bei der Rotation abwechselnd *1* mit *3* bezw. *2* mit *4* verbunden wird. Die Kugel *1* steht mit einer Batterie Leidener Flaschen in Verbindung, *2* mit der Erde, *3* und *4* unter einander und mit der inneren Elektrode des Generators. Der Galvanometerschlüssel ist auf der Platte darüber angebracht und besteht im wesentlichen aus den Kontakten *7*, *8*, *9*, welche durch den Metallbügel *10* so verbunden werden, daß der an 7 liegende Generator entweder über den Kontakt *9* sich durch das zur Erde abgeleitete Galvanometer entlädt oder aber mittels des Kontaktes *8* durch einen äquivalenten Widerstand und eine entsprechende Selbstinduktionsspule entladen wird. Die mit federnden Platin-Kontakten versehene, isolierte Stange *10* wird für gewöhnlich durch die Feder *12* in der gezeichneten Lage festgehalten.





Die Verschiebung der in einer Führung gleitenden Vorrichtung wird durch die mit ihr fest verbundene Platte *13* bewirkt, welche von den Hebeln *15* bezw. *15'* bei der Rotation vorgeschoben wird. Diese Hebel werden gewöhnlich durch Federn in einer solchen Lage gehalten, daß sie über die Platte *13* hingleiten; erst beim Niederdrücken der Kappen *17* bezw. *17'* wird *15* bezw. *15'* durch Vermittlung der Hebel *16* bezw. *16'* soweit gesenkt, daß die Platte mitgenommen wird. In dem Aufriß sind die Hebel *15* und *15'*, von denen der erste für die Ladung, der andere für die Entladung dient, in einer Ebene gezeichnet, in Wirklichkeit sind sie um 90° gegen einander gedreht, wie es aus dem Grundriß ersichtlich ist.

Der Hebel *15* tritt in Wirkung, wenn gerade der Kontakt zwischen *2* und *4* aufgehoben ist, und die Verbindung von 7 mit *9* wird dann hergestellt, wenn der Arm *5* sich auf halbem Wege zwischen *1* und *2* bezw. *3* und *4* befindet, sodaß die Gefahr des Überspringens von Funken vermieden wird. Die Verbindung bleibt bestehen, bis der Generator durch Herstellung des Kontaktes *1*—*3* geladen ist, worauf dann der Kontaktarm *10* wieder in die alte Lage zurückgeführt wird, bevor die folgende Entladung eintreten kann.

Hierauf wird nun der Hebel *15* automatisch gehoben, sodaß nunmehr die Platte *13* in Ruhe bleibt. Hierzu dient der Hebel *21*, der durch den Hebel *15* im geeigneten Moment in Tätigkeit gesetzt wird und der bewirkt, daß trotz des Niederdrückens der Kappe *17* der Hebel *16* in seine Ruhelage zurückgeht, indem der Hebel *18* zur Seite gezogen wird. Erst nach dem Loslassen der Kappe wird *18* wieder zurückgeschoben, sodaß er aufs neue in Wirkung treten kann. Wegen weiterer Einzelheiten muß auf die Mitteilung selbst verwiesen werden. *W. J.*

Ein automatischer Potential-Regulator.

Von A. W. Gray. *Phys. Rev.* **19.** *S. 344. 1904; Ann. d. Physik* **15.** *S. 602. 1904.*

Der automatische Regulator von Gray dient dazu, um hohe Spannungen, die von einer Influenzmaschine erzeugt werden, konstant zu halten. Der positive Pol der Maschine wird mit der Metallscheibe *A* verbunden, die leicht drehbar um die Achse *B* isoliert aufgehängt ist. Ein mit der Scheibe verbundener Metallflügel taucht in eine mit Glyzerin gefüllte Schale, um die Bewegungen der Scheibe zu dämpfen. Das Glyzerin, in welchem etwas Salz gelöst ist, dient gleichzeitig zur Herstellung der elektrischen Verbindung. Parallel zu *A* sind zwei feste Metallscheiben *C* und *D* angeordnet, die mit dem negativen Pol der Maschine verbunden sind. Die Platte *D* trägt eine größere Zahl feiner spitzer Nadeln, die durch Löcher der Scheibe *C* hindurchragen; der Abstand beider Scheiben voneinander wird durch den Griff *I*, der Abstand von *CD* und *A* durch die Glasröhren *HG* reguliert. Der Anziehung der Platten *A* und *CD* wird durch die feine Feder *E* das Gleichgewicht gehalten, deren Spannung mittels einer Glasstange reguliert werden kann. Steigt nun z. B. die Potentialdifferenz der Maschine, so wird die Scheibe *A* angezogen und die Entladung durch die Spitzen so lange verstärkt, bis das alte Potential erreicht ist. *E. O.*

Meßdraht und Kompensator nach Thiermann.

Von W. Schüppel. *Elektrotechn. Zeitschr.* **25.** *S. 849. 1904.*

Der „Meßdraht" besteht aus sechs Widerstandssätzen, von denen jeder zu zwei aufeinander folgenden Widerständen der vorhergehenden Reihe parallel geschaltet ist, eine Anordnung, wie sie schon mehrfach beschrieben worden ist (vgl. z. B. *diese Zeitschr.* **24.** *S. 93. 1904*, Fig. 3). Man kann also bis auf 6 Stellen einstellen, sofern die Widerstände in den Reihen mit entsprechender Genauigkeit abgeglichen sind.

Bei dem Kompensator sind zwei derartige Schleifdrähte parallel geschaltet, von denen jeder einen Gesamtwiderstand von 22000 Ohm besitzt. Durch einen Umschalter wird entweder gegen den einen Schleifdraht ein Normalelement oder gegen den anderen die zu messende Spannung kompensiert. Der Schleifdraht für das Normalelement ist verkürzt, entsprechend dem geringen Temperaturkoeffizienten der Normalelemente nach Weston.

Um Spannungen, die viel kleiner oder viel größer als die Hülfsspannung sind, messen zu können, werden Spannungsteiler und „Spannungsdrücker" angewandt. Ersterer hat die übliche Form; der Spannungsdrücker, auf dessen Konstruktion hier nicht näher eingegangen werden kann, enthält eine sinnreich erdachte Widerstandskombination, deren Teile leider derartig komplizierte Zahlen aufweisen (z. B. 99,198 Ohm), daß eine genaue Abgleichung jedenfalls sehr schwierig sein dürfte. *E. O.*

Neu erschienene Bücher.

J. Y. Wheatley, *The Polar Planimeter and its use in Engineering Calculations together with Tables, Diagrams and Factors.* gr. 8°. 126 S. (davon 12 S. Tab. und 12 S. Fig.-Taf.). New York 1904.

Das Buch ist eine recht ausführlich gehaltene Anleitung zum Gebrauch des Planimeter, besonders bei Berechnungen des Ingenieurs (Flächenberechnungen und auf solche gegründete Kubierungen). Der Verf. sagt, er gehe hier seine eigenen Erfahrungen mit dem Polarplanimeter, nachdem er und die Verfertiger seines Instruments (Keuffel & Esser in New York) sich vergeblich nach einer guten Abhandlung über die Anwendungen der Planimeter in der (amerikanischen) Literatur umgesehen haben. Es scheint auch in der Tat, daß die Planimeter in Amerika noch nicht die ihnen gebührende Verbreitung haben; der Verf. sagt im Vorwort: „es bedarf nur der Kenntnis der unschätzbaren Hülfe, die die mechanischen Hülfsmittel für fast jeden Zweck der mathematischen und der Ingenieur-Berechnungen bieten, um ihnen die Bedeutung und die Wertschätzung zu verschaffen, die ihnen gebühren" und die ihnen der Verfasser eben durch sein Buch verschaffen will; vgl. dazu auch *S. 17*, wo die Planimeter als die unbedingt wertvollsten Rechenhülfsmittel des Ingenieurs bezeichnet werden.

Über die Geschichte der Planimeter findet sich nur eine kurze Notiz *S. 17 bis 18*; bis zum Jahr 1850 sind Hermann (1814), Oppikofer, Wetli und Starke genannt; dann haben sich nach dem Verf. um die Verbesserung des Instruments Verdienste erworben Miller von Hauenfels) und Lorber in Leoben, Lämmle in München und Buniakowsky in Petersburg. Wird man schon über diese Reihenfolge etwas erstaunt sein, so ist vollends kaum zu verstehen, wenn der Verf. fortfährt: „seither hat eine große Zahl von Gelehrten und Mathematikern der Sache ihre Aufmerksamkeit gewidmet, unter denen mit zu den hervorragendsten gehören Coradi in Zürich und Amsler-Laffon in Schaffhausen, die beide Verbesserungen an diesen Instrumenten angebracht und ihr Anwendungsgebiet erweitert haben . . ." Der Name von Amsler sen. ist also nicht als der des *Erfinders* des *Polar*-Planimeters in der heute noch weitaus am meisten verbreiteten Form dieses Instruments genannt; und neben dem Namen von Coradi, dessen unablässiger Arbeit wir, wie auch hier gerne anerkannt sein soll und oft anerkannt worden ist, das Beste an der richtigen mechanischen Ausführung der feinern Planimeterformen verdanken, dürften wohl auch die Namen der beiden Männer stehen, die ihm Veranlassung zu den wichtigsten zwei neuen Formen gegeben haben: Landmesser Lang und Baurat Hohmann, jener für das Kompensationsplanimeter, dieser für die Rollplanimeter.

Nach einer allgemeinen Übersicht über Teile, Zusammensetzung und Behandlung des Polarplanimeters folgt eine kurze Theorie, die vollständiger sein dürfte; auf eine theoretische Diskussion der Instrumentenfehler (Rollenschiefe, Rollenachsenschiefe u. s. f.) geht der Verf. nicht ein, auch fehlt für die neuern Instrumente (besonders die Coradischen Kugelplanimeter, z. B. das feinste Meßwerkzeug, das bis jetzt unter den Planimetern vorhanden ist, das

Kugel-Rollplanimeter) die Theorie ganz. Die Flächenbestimmung mit Hülfe des Planimeters macht der Verf. kurz ab (Kap. V), um so ausführlicher behandelt er in den Kap. VI bis IX ihre Anwendung zur „Massenbestimmung" (mit Hülfe von Querschnittsflächen und mit Hülfe von Flächen von Horizontalschnitten, z. B. Erdmassenberechnungen, wozu auch die Volumetrie der geographischen Orometriker gehört, Berechnung der Wassermasse in Sammelteichen und Stauseen u. s. f.).

Der X. Abschnitt wendet sich zu den verschiedenen Formen der Planimeter: einfaches Polarplanimeter mit nicht verstellbarem Fahrarm, mit verstellbarem Fahrarm, mit Einrichtung zur Bestimmung von Mittelordinaten, z. B. an Schieberdiagrammen; neuere Formen des Polarplanimeters, besonders Kompensationsplanimeter von Coradi (wo ebenfalls der Name von Lang nicht zu finden ist) und die Rollplanimeter von Coradi (man kann sie als Polarplanimeter mit ∞-langem Polarm bezeichnen; der Name Hohmann fehlt auch hier vollständig); Scheibenplanimeter von Coradi; das Wagenplanimeter von Coradi, bei dem die geradlinige Führung des Gelenks in anderer Weise als bei den Rollplanimetern, nämlich durch Führung eines zweirolligen Wagens in der Nut eines Metall-Lineals gemacht ist und das für die Ermittlung sehr langgestreckter Flächen (wie sie im Schiffsbau vorkommen) gute Dienste leistet, ist nicht erwähnt, das *S. 99* abgebildete Instrument ist wegen der Verzahnungen weniger empfehlenswert. Auf die Coradischen Integraphen wird nur ein Blick geworfen.

Im XI. Kapitel, (erfahrungsmäßige) Genauigkeit der Planimeter-Messungen, führt der Verf. merkwürdigerweise keine eigenen Erfahrungen und Versuche, sondern nur die bekannten Angaben von Lorber vor. Die Zahlentafeln Nr. 1 bis 12 sind für die Länder mit englischem Fuß- (und Meilen-) Maß bestimmt. *Hammer.*

Wissenschaft, Die. Sammlung naturwissenschaftl. u. mathemat. Monographien. 3. Hft. 8°. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn.

3. J. J. Thomson, Elektrizität u. Materie. Übers. v. G. Siebert. VIII, 100 S. m. 19 eingedr. Abbildgn. 1904. 3,00 M.; geb. 3,60 M.

Elektrotechnik in Einzeldarstellungen. Hrsg. v. Dr. G. Benischke. 5. Hft. 8°. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn.

5. G. Benischke, Die asynchronen Drehstrommotoren, ihre Wirkungsweise, Prüfung u. Berechnung. VIII, 172 S. m. 2 farb. Taf. u. 112 Abbildgn. 1905. 5,50 M.; geb. 6,00 M.

J. Fischer-Hinnen, Die Wirkungsweise, Berechnung u. Konstruktion elektrischer Gleichstrom-Maschinen. Prakt. Handbuch f. Elektrotechniker, Maschinenkonstrukteure u. Studierende. 5., vollständig umgearb. u. stark vermehrte Aufl. Mit 433 in den Text gedr. Fig. u. 4 Taf. 2. Tl. gr. 8°. XII u. S. 273–536. Zürich, A. Raustein 1904. 7,20 M. Vollständig: In 1 Leinw.-Bd. 16,00 M.

J. Henderson, *Practical Electricity and Magnetism.* Neue Ausgabe. 8°. 434 S. m. Fig. London 1904. Geb. in Leinw. 7,80 M.

B. G. Teubners Sammlung v. Lehrbüchern auf dem Gebiete d. mathemat. Wissenschaften m. Einschluß ihrer Anwendungen. XI. Bd. gr. 8°. Leipzig, B. G. Teubner. Geb. in Leinw.

XI. A. G. Webster, *The dynamics of particles and of rigid, elastic and fluid bodies, being lectures on mathematical physics.* XII, 588 S. m. 172 Fig. 1904. 14,00 M.

M. Abraham, Theorie der Elektrizität. 1. Bd. Einführg. in die Maxwellsche Theorie der Elektrizität. Mit e. einleit. Abschnitte üb. das Rechnen m. Vektorgrößen in der Physik. Von Dr. A. Föppl. 2., vollständ. umgearb. Aufl., hrsg. v. Dr. M. Abraham. gr. 8°. XVIII, 443 S. m. 11 Fig. Leipzig, B. G. Teubner 1904. Geb. in Leinw. 12,00 M.

K. Arndt, Grundbegriffe der allgemeinen physikalischen Chemie. 2. Aufl. kl. 8°. 48 S. Berlin, Mayer & Müller 1905. 0,80 M.

I. Rodet, *Résistance, Inductance et Capacité.* 8°. VII, 257 S. m. 76 Fig. Paris 1905. 6,00 M.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.


THE NEW Y
PUBLIC LIBR
ASTOR, LENOX
TILDEN FOUNDATIONS



Zeitschrift für Instrumentenkunde.



Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. H. **Landolt**, Vorsitzender, Prof. Dr. A. **Westphal**, geschäftsführendes Mitglied, Dr. H. **Krüss**.

Redaktion: Prof. Dr. St. Lindeck in Charlottenburg-Berlin.

XXV. Jahrgang. **März 1905.** Drittes Heft.

Ernst Carl Abbe.

Von
M. von Rohr in Jena.

Allen Lesern dieser Seiten ist es bekannt, daß am 14. Jannar 1905 Ernst Abbe aus dem Leben schied. Diese Zeitschrift gedenkt seiner wahrlich nicht nur aus dem Grunde, weil seit dem ersten Tage ihres Bestehens sein Name unter der Reihe der Herausgeber zu finden war, sondern weil er durch seine Arbeiten an den optischen Instrumenten in geradezu beispielloser Weise zur Erweiterung eines wichtigen Gebietes ihres eigentlichen Interessenbereichs beigetragen hat. An dieser Stelle einen Überblick über seine wissenschaftlichen Leistungen zn geben, ist umsomehr eine Pflicht der Vertreter der deutschen Optik und namentlich der Angehörigen seines Unternehmens, als seine Arbeiten leider nicht in einer lückenlosen Reihe vorliegen und daher persönliche Bekanntschaft manches zum Verständnis Wichtige einschalten kann.

Die dem Text beigegebene Abbildung zeigt den Dahingeschiedenen in der Periode seiner größten Schaffenskraft, zur Zeit der Einführung der Mikroskopobjektive homogener Immersion; die zugrunde liegende Anfnahme stammt aus dem Jahre 1879.

Ernst Abbe wurde 1861 in Göttingen promoviert auf Grund einer Arbeit, die die erfahrungsmäßige Begründung des Satzes von der Äquivalenz zwischen Wärme und mechanischer Arbeit zum Gegenstande hatte. Sein Interesse wandte sich zunächst der Astronomie zn, nnd bereits 1862 machte er den Vorschlag, den Meridianinstrumenten eine veränderte Einrichtung zu geben. Er beabsichtigte, das Fernrohr möglichst von dem eigentlichen Meßapparat zu trennen, um dann auch Fernrohre stärkerer Vergrößerung anwenden zu können, ohne durch die Schwierigkeiten der mechanischen Konstruktion gehindert zu sein. Nach kurzem Anfenthalt in Frankfurt a. M. siedelte er nach Jena über, wo er 1863 auf Grund seiner Habilitationsschrift „Über die Gesetzmäßigkeit in der Verteilung der Fehler bei Beobachtungsreihen" die *venia docendi* für theoretische Physik und Astronomie erhielt. Es sei gleich an dieser Stelle berichtet, daß er anch später trotz der starken Beanspruchung durch die Leitung der Werkstätte ab und zu noch astronomische Themata behandelte. So stammt aus dem Jahre 1891 eine Arbeit über den Anteil, den die Veränderungen der Lotlinie an den Schwankungen der Polhöhe haben. Im Verfolg dieser Idee ließ er für die Jenaer Sternwarte zwei Apparate banen, deren einer zur Bestimmung der Schwankungen der Lotlinie gegen die feste Erdrinde dient, während der andere eine eigenartige Form des Zenitteleskops darstellt, wobei von der Verwendung der üblichen Libelle abgesehen wurde. Gleichfalls anf eine spätere Zeit geht seine verbesserte Einrichtung der Fädenbeleuchtung[1]) bei astronomischen Instrumenten zurück. Auf rein physi-

[1]) *Diese Zeitschr.* **5.** *S. 347. 1885.*

kalischem Gebiete beschäftigte er sich vorwiegend mit der Anwendung der Interferenzerscheinungen. Hier seien zwei solcher Instrumente aufgeführt: erstens der Interferenzapparat[1]), der durch Regulierung des Strahlenganges eine bequeme Beobachtung entweder der Fizeauschen oder der Haidingerschen Farbenringe zum Zwecke der Prüfung planparalleler Platten gestattet, und zweitens die Verbesserung des Fizeauschen Dilatometers[2]), das ausgedehnte Verwendung zur Untersuchung der Jenaer Glasarten auf Ausdehnung gefunden hat. Seine Arbeiten über die Messung der Brechungsexponenten führten später zur Anpassung des Refraktometerprinzips an kristallographische Zwecke[3]).

Seine Tätigkeit als Dozent der theoretischen Physik brachte ihn schon früh in vielfache Berührung mit Carl Zeiß, dem Inhaber der kleinen optischen und mechanischen Werkstätte Jenas. Er suchte dort die Gelegenheit, seine schon in Göttingen geübte Handfertigkeit noch weiter auszubilden, und es ist ganz natürlich — wenn wir auch die Stadien ihrer Bekanntschaft nicht im einzelnen verfolgen wollen — daß die beiden Männer in nähere Beziehung zueinander traten. Hatte doch Carl Zeiß, der von der Notwendigkeit wissenschaftlicher Leitung bei der Konstruktion von Mikroskopen überzeugt war, bereits einige Jahre früher einen freilich mißlungenen Versuch gemacht, sich wissenschaftliche Hülfe zu verschaffen.

Es handelte sich dabei in erster Linie um die Beantwortung der Frage, ob es möglich sei, das bisher bei der Herstellung von Mikroskopen herrschende Tatonnement zu umgehen und eine wirkliche Fabrikation einzuführen, wobei die Vorausberechnung der ganzen Konstruktion eine vollständige Gleichmäßigkeit der Herstellung der einzelnen Linsen und ihrer Zusammensetzung gewährleiste. Keiner von beiden konnte die Schwierigkeit ermessen, die in der Aufgabenstellung lag; auch wenn Ernst Abbe auf dem Gebiete der konstruierenden Optik erfahren gewesen wäre, so hätte er über Mikroskope kaum andere Ansichten gehabt, als die im wesentlichen etwa auf Sir David Brewster zurückgehenden: die Abbildung der Objekte gehe im Mikroskop im wesentlichen ebenso vor sich wie in der photographischen Kamera; sie gehorche also den Gesetzen der Zentralprojektion, und das durch den Apparat gelieferte Bild sei, gute Strahlenvereinigung vorausgesetzt, durchaus objektähnlich und könne beliebig vergrößert werden. Diese so selbstverständlich erscheinende Auffassung beruhte auf der Anschauungsweise der geometrischen Optik, die ohne nähere Prüfung ihrer Gültigkeit auf den Abbildungsvorgang im Mikroskop angewandt worden war. Ein Umstand blieb bei dieser Auffassung allerdings rätselhaft, und das war die für das Auflösungsvermögen durch praktische Erfahrungen zweifellos festgestellte Überlegenheit der Mikroskopobjektive mit großem über die mit kleinem Öffnungswinkel.

Die Arbeiten Ernst Abbes sollten nun jede, aber auch wirklich jede der hier herrschenden Vorstellungen widerlegen und damit die Theorie, zunächst des Mikroskops, mittelbar aber auch der andern optischen Instrumente, auf eine völlig andere Grundlage stellen. Es ist ganz verständlich, daß er zunächst von den Anschauungen der geometrischen Optik ausging und die bekannten Rechenmethoden anwandte, um jenem ersten Anlaß zu seinen Arbeiten zu entsprechen. Die nächste Aufgabe war die, geeignete Meßinstrumente zu schaffen, um die optischen Eigenschaften des Materials und die Genauigkeit der Formgebung festzustellen. Über sie wird in dem zweiten,

[1]) *Diese Zeitschr.* **5.** *S. 149. 1885.*
[2]) *Diese Zeitschr.* **13.** *S. 365, 401. 457. 1893.*
[3]) *Diese Zeitschr.* **10.** *S. 246, 269. 1890.*

die praktische Optik behandelnden Abschnitte zu sprechen sein. Die große Erfahrung auf dem Gebiete der Fehler gegen die Strahlenvereinigung, wie sie die Berechnung von Systemen zu späterer Ausführung gewährt, lenkte seine Aufmerksamkeit bald auf allgemeine Probleme der geometrischen Optik. Die hier erhaltenen Ergebnisse hat er zunächst in Universitätsvorlesungen vorgetragen, später haben sie dann den Hauptinhalt verschiedener von den Mitarbeitern der Zeißschen Werkstätte ausgegangener Schriften gebildet. Es handelt sich hier um zwei verschiedenartige Leistungen. Die erste war die Ableitung der allgemeinen geometrischen Theorie der optischen Abbildung. Aus der anscheinend noch allgemeinen Voraussetzung einer durch geradlinige Strahlen vermittelten eindeutigen und eindeutig umkehrbaren Abbildung wird das Bestehen einer kollinearen Verwandtschaft von Objekt- und Bildraum gefolgert, und es ergeben sich bei Beschränkung auf den Fall zentrierter Systeme die bekannten Definitionsgleichungen für die Brennweiten als Grundfaktoren der Abbildung, mit ihnen die allgemeinen Beziehungen der longitudinalen, lateralen und angularen Vergrößerung, sowie schließlich die Formeln für die Zusammensetzung verschiedener Abbildungen. Dies alles kann abgeleitet werden, ohne daß es nötig wäre, auf die Realisierung der Abbildung einzugehen. Er hat später noch besonders interessante Fälle, z. B. die allgemeine Theorie der anamorphotischen Abbildung, auf diese Weise behandelt. Sodann aber förderte er die Kenntnis von den Aberrationen mittels einer ihm eigentümlichen Methode durch die Benutzung der Brechungsinvarianten. Er schuf dadurch die Möglichkeit, über die glänzende Entwickelung der fünf sphärischen Fehler durch L. Seidel hinauszukommen, insofern er zwar an der Beschränkung auf kleine Öffnungswinkel festhalten mußte, dagegen aber endliche Neigungen der Hauptstrahlen zuließ. Der trigonometrischen Berechnung weit geöffneter Systeme wies er den richtigen Weg durch Aufstellung und Beweis des Satzes, daß das Verhältnis der Sinus des objektseitigen und bildseitigen Öffnungswinkels in dem Paare konjugierter Achsenpunkte eines sphärisch korrigierten Systems über die ganze Öffnung konstant sein müsse, wenn die scharfe Abbildung eines achsialen, achsensenkrechten Flächenelements gesichert sein solle. Die Bedeutung dieser Bedingung (der L. Seidel für kleine Öffnungen den Namen der Fraunhoferschen beigelegt hatte) ist für die Wirkung der Systeme so grundlegend, daß sie sich, wie E. Abbe gleichzeitig auf experimentellem Wege feststellen konnte, in allen älteren, d. h. durch Probieren gefundenen, Systemen, sobald sie nur eine Ausdehnung der Mittelschärfe zeigen, verwirklicht fand. Da nun offenbar die scharfe Abbildung einer wenn auch kleinen Fläche das Ziel aller sphärischen Korrektion ist, so wollte er die Bezeichnung aplanatisches Punktepaar auf solche Punkte beschränkt wissen, bei denen nicht bloß die sphärische Aberration vernichtet, sondern für die auch die Konstanz des Sinusverhältnisses herbeigeführt worden sei.

Die Behandlung der Strahlungsvermittlung durch optische Instrumente führte zum Ausbau seiner Theorie der Strahlenbegrenzung. Es ist das eine neue Provinz, die E. Abbe dem Reiche der Optik erworben hat, leider aber eine *terra incognita* für die meisten. Er entwickelte sie in einer seiner ersten Arbeiten mit der für ihn charakteristischen prägnanten Kürze und verwandte sie zunächst für die Ableitung seiner Strahlungssätze. Nach diesen kann man sich die Strahlung im Bildraume entweder von dem Bilde der Lichtquelle ausgehend denken, oder man kann die Austrittspupille als eine selbstleuchtende Fläche auffassen; beides Sätze, die für eine zutreffende Beurteilung der Beleuchtungswirkung von größter Wichtigkeit sind. In späterer Zeit hat er aus seiner Theorie der Strahlenbegrenzung mehr die geometrischen

Konsequenzen für die Perspektive und Tiefe gezogen, wie ja auch seine Behandlung der ortho- und pseudoskopischen Wirkung binokularer Mikroskope allein durch die Behandlung der Strahlenbegrenzung möglich wurde. Er hat dieses Thema ebenfalls in Universitätsvorlesungen behandelt und hat gelegentlich[1]) darauf hingewiesen, daß ein Verständnis der Wirkungsweise optischer Instrumente ohne diese Methode nicht erreicht werden könne. Ein durchgreifender Erfolg in dem Sinne, daß seine Ansichten nun auch von denen angenommen und benutzt worden wären, für die sie entwickelt wurden, ist ihm auch hier nicht zu teil geworden.

Es handelt sich jetzt um das wichtigste und größte Gebiet seiner Wirksamkeit, um die Erklärung der Bilderzeugung im Mikroskop. Nach längerer Beschäftigung mit diesem Problem kam E. Abbe zur vollständigen Ablehnung der geometrischen und zur Stabilierung der physikalischen Theorie der Bilderzeugung in diesem Instrument. In zwei großen Arbeiten von 1873 und 1880 hat er, die mathematische Ableitung bei Seite lassend, die Ergebnisse seiner Forschungen in allgemein verständlicher Sprache mitgeteilt. Der hierher gehörige Hauptinhalt ist der folgende. Wenn ein spiegelndes oder durchsichtiges dünnes Objekt, in dem Stellen verschiedener Brechung oder verschiedener Absorption vorhanden sein können, von einer Lichtquelle beleuchtet wird, so werden darin die Wellenzüge nach ihrer Richtung und nach ihrer Amplitude und Phase verändert; es stellt sich ein bestimmte Beleuchtungsabstufungen zeigendes Fraunhofersches Beugungsspektrum ein als Beugungswirkung der gesamten durchleuchteten Struktur, und es breitet sich auf einen umso größeren Winkelraum aus, je kleiner die Struktureinzelheiten im Verhältnis zur Wellenlänge des bei der Abbildung verwandten Lichtes sind. Da es also die Gesamtheit der beleuchteten Strukturelemente ist, durch die das Beugungsspektrum entsteht, so hat es keinen Sinn, von irgend welchen Strahlen zu sprechen, die von den Punkten des Objekts ausgehen, und es kann daher die Vorstellung der geometrischen Optik einer von isolierten Objektelementen ausgehenden Strahlung keine Anwendung finden. Vielmehr nimmt das Mikroskopobjektiv nach Maßgabe der angularen Größe seiner Eintrittspupille das Beugungsspektrum des Objekts mehr oder minder vollständig auf und bildet es in seiner hinteren Brennebene ab. Die von diesem bildseitigen Beugungsspektrum ausgehenden Wellenzüge interferieren nun an der Stelle des Bildelements, und ihr Endeffekt, das Bild, ist einzig und allein durch den Teil des Beugungsspektrums bedingt, der in das abbildende System eingetreten ist. Bei gröberen Strukturen, also kleiner Ausdehnung des Beugungsspektrums, tritt keine Abblendung ein, und das Bild ist objektähnlich; bei feineren Strukturen, also großer Ausdehnung des Spektrums, blendet die Eintrittspupille einen Teil des Beugungsspektrums ab, und das Bild wird mehr oder minder objektunähnlich. Da also ein solches Bild einer feineren Struktur nicht zu seiner Objektstruktur, sondern nur zu dem die Abbildung vermittelnden Beugungsspektrum in dem Verhältnis von Wirkung zur Ursache steht, so ist es auch für die Objektstruktur nur als ein diagnostisches Merkmal zu betrachten. Von großer Wichtigkeit ist es, daß diese Betrachtungsweise bei Objektiven von großer Öffnung ohne weiteres auf beliebig schmale Beleuchtungsbüschel angewandt werden kann, da gerade dieser Fall in der praktischen Mikroskopie besonders häufig vorkommt. Demgegenüber verdient noch der ebenfalls von E. Abbe und etwas später auch von H. Helmholtz behandelte Abbildungsvorgang selbstleuchtender

[1]) So bei der Besprechung der Lippichschen Übersetzung des Ferrarisschen Buches in *dieser Zeitschr.* **2.** *S. 30. 1882.*

Objekte Erwähnung. Hier ist von einem durch die Objektstruktur hervorgerufenen Fraunhoferschen Interferenzphänomen keine Rede, und der Beugungseffekt wird hier allein durch die Grenze hervorgerufen, die der Rand der Eintrittspupille den vom Objektelement ausgehenden Strahlen setzt. Für die praktische Mikroskopie hat dieser Fall namentlich für die Abbildung der Lichtquelle Interesse.

Seine letzte Betätigung auf theoretischem Gebiete war die Aufstellung einer Theorie der deformierten Flächen. Durch Abweichungen von der Kugelgestalt auf dem Wege des Tatonnements hatte man schon seit langem, namentlich bei großen astronomischen Fernobjektiven die Strahlenvereinigung zu verbessern gesucht. Er erkannte die Möglichkeit, durch zweckmäßige Wahl vorausberechneter Abweichungen, durch Deformieren der Flächen mehrere der sphärischen Fehler gleichzeitig zu heben und so ein Ergebnis zu erzielen, das bei einer Beschränkung auf Kugelflächen nur durch Anwendung viel größerer Mittel erreichbar ist. Auch zur praktischen Verwirklichung dieser Idee hat er die ersten Schritte getan.

Bei der Besprechung der Leistungen Ernst Abbes auf dem Gebiete der praktischen Optik wird es zweckmäßig sein, sich für die einzelnen Teilgebiete einigermaßen an die chronologische Folge zu halten.

Da treten zuerst die verschiedenen Meßinstrumente auf; zu ihnen gehören in erster Linie die Vorrichtungen zur Längenmessung, wie Dickenmesser, Sphärometer und Komparator[1]); bei ihnen allen ist das Prinzip verwirklicht, den Maßstab in der geradlinigen Verlängerung der zu messenden Strecke anzubringen. Die Eigenschaften des Glasmaterials (Brechung und Zerstreuung) werden mittels des Spektrometers oder des auch noch anderen technischen und wissenschaftlichen Zwecken angepaßten Refraktometers bestimmt; bei dem erstgenannten Instrument ist das Prinzip der Autokollimation, bei dem zweiten das des streifenden Eintritts verwandt, beiden gemeinsam ist die Bestimmung der Dispersion durch Differenzenmessung. Für die Prüfung des Materials auf Schlieren und Spannung[2]) ist später noch ein besonderer Apparat konstruiert worden.

Handelt es sich weiterhin um Instrumente, bei denen die Strahlenbegrenzung von besonderer Wichtigkeit ist, so sind hier das Fokometer[3]), das Apertometer und der Beleuchtungsapparat am Mikroskop zu nennen. Das Fokometer dient zur Ableitung der Äquivalentbrennweite im strengen Sinne $\left(f = \lim_{h=0=u} -\frac{h'}{\operatorname{tg} u}\right)$, wobei der Messung endliche Objekt- und Bildgrößen zugrunde gelegt werden, und wo der Strahlengang so geregelt ist, daß die Messung von Variationen der Einstellung unabhängig wird. Beim Apertometer wird für die Messung der Apertur das Mikroskopobjektiv wie ein Fernrohrobjektiv benutzt, sodaß aus der leicht zu bestimmenden Größe des angularen Sehfeldes unmittelbar der Wert der numerischen Apertur entnommen werden kann. Bei dem Beleuchtungsapparat — der von E. Abbe gegen den Ausdruck Kondensor gerichtete Widerspruch und der Vorschlag der Bezeichnung Illuminator war unwirksam gewesen — war die Überlegung entscheidend, daß zwar jeder komplizierte katadioptrische Apparat dem einfachen Spiegel gegenüber hinsichtlich der Intensität der Beleuchtung nachsteht, daß man aber einen an den bestehenden Kondensoren gar nicht ausgebildeten Vorteil in hohem Maße zu steigern

[1]) *Diese Zeitschr.* **12.** *S. 307. 1892.*
[2]) *Diese Zeitschr.* **5.** *S. 117. 1885.*
[3]) *Diese Zeitschr.* **12.** *S. 185. 1892.*

vermöge, nämlich den, schnell und bequem zu einer beliebigen Schiefe der Beleuchtung übergehen zu können. Zu diesem Zwecke werden durch das Beleuchtungssystem, das etwa den Charakter eines umgekehrten Mikroskopobjektivs aus einfachen Linsen hat, gleichzeitig Strahlen unter allen überhaupt möglichen, also zwischen — 90° und + 90° liegenden Öffnungswinkeln auf das Objekt geleitet, und man ist dann durch sehr einfache Handgriffe imstande, die nicht gewünschten Strahlen abzublenden. Auch der Abbesche Zeichenapparat ist aus Überlegungen über die Strahlenbegrenzung hervorgegangen.

Der Beleuchtungsapparat führt uns zu den von E. Abbe geschaffenen eigentlichen Gebrauchsinstrumenten über, die gleichsam als an sich wertvolle Früchte von dem Baume seiner Erkenntnis seinen Ruhm auch dahin brachten, wo von einem wirklichen Verständnis ihrer Natur keine Rede war. Es handelt sich zunächst um seine Verbesserungen an den optischen Teilen des Mikroskops und zwar namentlich an den Objektiven. Carl Zeiß nahm die neuen Konstruktionen schon 1872 in sein Preisverzeichnis auf, und zwar handelte es sich damals bei den Trockensystemen um die Neueinführung schwacher und mittelstarker Objektive sowie um starke Wasserimmersionen. Mit dem vorhandenen Glasmaterial glaubte E. Abbe ohne ungehörige Verkleinerung des freien Objektabstandes für Trockensysteme eine Apertur von 0,8 kaum erreichen zu können, jedenfalls ließ er keinen größeren Öffnungswinkel zu als 52,5°. Bei den Immersionen ging er bis zu 54° Wasserwinkel, was einer numerischen Apertur von 1,08 entspricht. Bereits 1874 erschienen dann Wasserimmersionen derselben Apertur, aber ungewöhnlich kurzer Brennweite, die im äußersten Falle nur 0,75 *mm* (1/30") betrug. Ein weiterer wichtiger Fortschritt geschah 1879 durch die Einführung der auf die Anregung von John Ware Stephenson berechneten Systeme homogener Immersion, ihre Brennweiten betrugen 3,0, 2,0 und 1,3 *mm* (1/8, 1/12 und 1/18"), und ihre numerische Apertur hatte den Wert von 1,25, was einem Balsamwinkel von 58° entsprach. J. W. Stephenson hatte diese Systeme hauptsächlich aus dem Grunde vorgeschlagen, die Korrektionsfassung zu vermeiden und die Apertur zu erhöhen. E. Abbe nahm bei der Konstruktion den Vorteil wahr, der für die sphärische Korrektion in dem Fortfall der Frontaberration liegt, und er vermochte die Güte der Strahlenvereinigung den älteren Systemen gegenüber ganz wesentlich zu steigern. Eine Verbesserung der chromatischen Abweichungen war aber in den regelmäßig angefertigten Systemen bislang noch nicht erzielt worden, und zwar lag das, wie E. Abbe schon seit dem Jahre 1874 betont hatte, an der Beschränkung auf die Materialien, die in dem gewöhnlichen Kron und Flint zur Verfügung standen. Diese zeigten einmal einen durchaus disproportionalen Gang der Dispersion (die Zerstreuung wuchs in den Flintgläsern unverhältnismäßig stark nach blau hin an), und ferner war stets das höher brechende Glas auch eines von stärkerem Zerstreuungsvermögen. Durch diese Umstände wurde die Hebung zweier ganz verschiedener Farbenfehler verhindert oder doch erschwert. Der ungleichmäßige Gang der Dispersion ließ es zu keiner besseren Übereinstimmung der Achsenschnittweiten als einer für zwei ausgewählte Farben kommen — es blieb ein sekundäres Spektrum übrig — und die feste Verbindung von Zerstreuung und Brechung hinderte, wenn man nicht sehr große Linsenabstände einführen wollte, die Hebung der für große Öffnungswinkel besonders schädlichen chromatischen Differenz der sphärischen Aberration. Waren nun allerdings feste Materialien von der erforderlichen Beschaffenheit nicht vorhanden, so benutzte E. Abbe geeignete Flüssigkeiten (ätherische Öle) dazu, sich und seinem Partner einen Ausblick auf das Mikroskop der Zukunft zu verschaffen. 1873 wurde ein Trocken-

system von $f = 6$ *mm* und n. A. = 0,83 und 1876 eine Immersion von $f = 3$ *mm* und n. A. = 1,15 hergestellt, die infolge zweckmäßiger Verwendnng von Flüssigkeitslinsen ein anßerordentlich farbenreines Bild ergaben, also ihrer Wirknng nach den späteren Apochromaten zu vergleicheu waren. Sie verstärkten den Wunsch nach einer größeren Auswahl im Glasmaterial, ein Verlangen, das in dem 1878 erstatteten Berichte über die *Loan collection* im *South Kensington Museum* deutlichen Ausdruck fand. Was die Hebung allein des zweiten Fehlers, der chromatischen Differenz der sphärischen Aberration, angeht, so wurde im Jahre 1879 ein Versuch gemacht, sie durch die Einführung eines sehr beträchtlichen Zwischenraumes zwischen Ober- und Unterteil eines Mikroskopobjektivs zu erreichen. Das System hatte eine Brennweite von etwa 3 *mm* und eine numerische Apertur von 1,40, erreichte also fast die Grenze, die für homogene Immersionen gesteckt ist, sobald man das gewöhnliche Deckglasmaterial verwenden will. Das Resultat war günstig, doch ist wohl die ziemlich große Komplikation der Konstruktion der Grund gewesen, daß man von einer Einführung absah. Schon bei diesem System war die Vervollkommnung der Strahlenvereinigung nur ermöglicht worden durch die Einführung einer besonders starken Vergrößerungsdifferenz, und dieser Umstand hatte die Verwendung einer das Okular ergänzenden Hülfslinse nötig gemacht, damit das rote Bild hier stärker vergrößert werde als das blaue. Auf jeden Fall wurden diese Versuche nicht weiter geführt, und bald nahmen die in Gemeinschaft mit Otto Schott angestellten Versuche der Herstellung neuer Glasarten sein ganzes Interesse in Anspruch. Genaueres darüber wird im Beiblatt dieser Zeitschrift berichtet werden, hier nur soviel, daß es in der Tat gelang, die beiden Desiderata der rechnenden Optik zu erfüllen. Sowohl wurden Glaspaare mit einem viel gleichmäßigeren Gange der Zerstreuung hergestellt, als auch wurde die Bestimmung der mittleren Brechnng, die mit einem vorgeschriebenen Werte des Zerstreuungsvermögens verbunden war, innerhalb gewisser Grenzen in das Belieben des Konstrukteurs gestellt: der früheren Einzahl stand nun eine Mehrzahl von Brechnngsexponenten gegenüber. Eine sehr wichtige Ergänzung der Glasarten bot sich in dem Fluorit, dessen niedriges Brechnngs- nnd Zerstrenungsvermögen ebenso wie sein Gang der Dispersion ihn für die Bedürfnisse des Mikroskops besonders geeignet machten[1]). Schon 1881, also noch vor dem Abschluß der Vorarbeiten für die Glashütte, war auch dieses Material durch praktische Versuche auf seine Brauchbarkeit erprobt worden.

Als nun 1884 das Glaswerk von Schott & Gen. ins Leben trat, und die regelmäßige Lieferung der neuen Glasarten gesichert war, da kam für E. Abbe die Zeit, wo die Summe gezogen wurde aus den mit beispielloser Zähigkeit mehr als drei Lustren lang durchgeführten Versuchen. Das stolze Gebäude seiner erfolgreichen Leistungen im Mikroskopbau erhielt 1886 in den Apochromaten einen Abschluß von überwältigender Größe. Die Apertnr der Objektive, seien es Trockensysteme, seien es Wasser- oder Ölimmersionen, näherte sich bis auf einige Prozent der überhaupt denkbaren Grenze, nnd alle Systeme zeigten eine überlegene Schärfe, die abgesehen von der Aufhebnng des sekundären Spektrums nnd der chromatischen Differenz der sphärischen Aberration auch auf eine sehr wesentliche Verminderung der sphärischen Zonen znrückzuführen war. Allen diesen Systemen war dieselbe — bei den starken unvermeidliche, bei den schwachen absichtlich eingeführte — chromatische Vergrößerungsdifferenz eigen, eine Einheitlichkeit, die die Anwendnng der Kompensationsokulare so sehr erleichterte. Die Zuordnung der Brennweiten zu den Aperturen

[1]) *Diese Zeitschr.* **10.** *S. 1. 1890.*

erfolgte auf dieselbe Weise, die schon bei den Achromaten erprobt war; die numerische Apertur des Objektivs ergibt ohne weiteres das kleinste Detail, das dem ganzen Mikroskop überhaupt zugänglich ist. Nimmt man hinzu, daß es dem Auge unter einem von der Sehschärfe abhängigen Sehwinkel vorgeführt werden muß, so geben die Grenzen der Sehschärfe die Grenzen für die Vergrößerung, auf die das Mikroskop eingerichtet werden muß. Sind die Vergrößerungszahlen kleiner, so kann das Auge nicht alles im Bilde enthaltene Detail erschöpfen, sind sie größer, so stellt sich eine leere Vergrößerung ein. Wie man nun die Vergrößerung auf Objektiv und Okular verteilen soll, wäre bei idealen Objektivbildern ganz willkürlich; bei wirklichen, mit Fehlern behafteten muß festgestellt werden, wie stark das Objektivbild vergrößert werden darf, ohne daß die Aberrationskreise die Grenze der Sehschärfe überschreiten. Diese Zahl wird als die Übervergrößerung bezeichnet, die die Objektive aushalten. Es gibt ein gutes Bild von der Überlegenheit der Apochromate, wenn man hervorhebt, daß die Übervergrößerung der Achromate höchstens eine vier- bis sechsfache, die der Apochromate mindestens eine zwölf- bis fünfzehnfache ist. Bei dieser Gelegenheit sei auch noch erwähnt, daß E. Abbe im Jahre 1889 in seiner Monobromnaphthalin-Immersion die numerische Apertur bis auf 1,60 steigerte. Doch hat dieses System eine allgemeine Anwendung nicht gefunden, weil nicht viele Präparate die Anwendung von Einbettungsmedien mit so hohem Brechungsexponenten ertragen.

Mit dem großen Werke der Apochromatkonstruktion war E. Abbes Tätigkeit als rechnender Optiker im wesentlichen beendet. Dennoch war ihm noch ein Erfolg vorbehalten, der zwar auf einem unvergleichlich viel weniger mühsamen Wege erreicht wurde, dessen ungeachtet aber von einer gewaltigen Bedeutung für seine Werkstätte und für die gesamte deutsche Optik werden sollte. Es war das die Neuerfindung und die fabrikatorische Herstellung der Prismenfernrohre.

Die Notwendigkeit, im terrestrischen Fernrohre das im astronomischen Fernrohre umgekehrte Bild aufzurichten, hatte schon früh zur Konstruktion eines Umkehrsystems geführt. So vollkommen man diese Einrichtungen aber auch gestalten mag, so ist doch eine durch Linsen vermittelte Abbildung stets mit Aberrationen verbunden, und es war ein sehr großer Fortschritt, als es dem Italiener I. Porro gelang, die Umkehrung durch bloße Spiegelung an ebenen Flächen zu erreichen, denn dies ist der einzige Fall, wo eine Abbildung ohne Bildverschlechterung zustande kommt. Das Porrosche Prismenfernrohr blieb aber so gut wie unbekannt, denn zu jener Zeit war weder das Glasmaterial in genügender Reinheit zu beschaffen, noch genügten die in der praktischen Optik gebräuchlichen Methoden der Formgebung. Ohne Kenntnis von seinem Vorgänger zu haben, hatte E. Abbe im Anfang der siebziger Jahre ein solches Fernrohr hergestellt, hatte aber die Idee einer Einführung aufgegeben, weil das Glasmaterial für die Prismen nicht genügte. Auch hier schuf die Errichtung des Jenaer Glaswerks Wandel, das Borosilikatkron genügte allen billigen Anforderungen an Reinheit und Haltbarkeit, und ferner glückte die Ausarbeitung eines genauen und doch billigen Herstellungsverfahrens. E. Abbe beschränkte sich nun nicht auf das monokulare Rohr, sondern er setzte zwei solcher Prismengläser derart zu einem Doppelfernrohr zusammen, daß der Abstand der Objektive den der Pupillen übertraf. Auf diese Weise kam er zur ersten Einführung des von H. Helmholtz schon 1858 vorgeschlagenen vergrößernden Telestereoskops.

Es kann nicht wundernehmen, daß E. Abbe sich auch der Idee tatkräftig annahm, das Telestereoskop zu einem Meßinstrument auszubilden. Diese Gelegenheit trat an ihn heran, als sich 1893 H. de Grousilliers mit seinem stereoskopischen

Entfernungsmesser an ihn wandte. Hatte dieser Erfinder die Idee der eigentlichen stereoskopischen Messung gehabt, so gebührt Ernst Abbe das Verdienst, den bei einem so subtilen Instrument unumgänglich notwendigen, handlichen Justierapparat erdacht zu haben.

Ich bin am Ende und weiß wohl, daß ich nur ein armes Bild seiner wissenschaftlichen Bestrebungen und Erfolge habe geben können. Das aber wird klar geworden sein, daß wir in ihm einen Mann verloren haben, der seine großen Gaben der Wissenschaft um ihrer selbst willen dienstbar machte und es für seine Pflicht erachtete, die Ergebnisse seiner wissenschaftlichen Arbeit auch dann der Allgemeinheit mitzuteilen, wenn die Rücksicht auf das bequemere Gedeihen seines eigenen Betriebes dadurch verletzt wurde. Wie im Treiben des Tages, so hat er auch in seinem wissenschaftlichen Leben eine egoistische Verfolgung eigenen Vorteils nicht gekannt, und die vollständige Beherrschung der eigenen, ungewöhnlich impulsiven Natur übte einen eigenartigen Reiz aus, der für mich größer war als selbst die Bewunderung seiner überlegenen Fähigkeiten. Auch von Ernst Abbe gilt es, daß er größer war als seine Werke.

Die selbsttätige Kreisteilmaschine von Heyde.

Von
E. Hammer in Stuttgart.

Bei zwei Gelegenheiten habe ich in letzter Zeit Anwendungen der Hohlschraube durch Hrn. G. Heyde in Dresden in dieser Zeitschrift erwähnt, bei der ersten Anführung seiner Kreisteilmaschine (*diese Zeitschr.* **24.** *S. 310. 1904*) und in der Notiz über die neue Ausführung des Heydeschen Zahnkreistheodolits (*diese Zeitschr.* **25.** *S. 2. 1905*).

Über die Heydesche automatische Kreisteilmaschine hat Hr. Heyde selbst im vorigen Jahr eine kurze Beschreibung herausgegeben; die Heydesche Hohlschraube in ihrer Anwendung auf die Kreisteilmaschine ist auch bereits von Prof. Dr. Ambronn in seinem „Handbuch der astronomischen Instrumentenkunde“ (2 Bde. Berlin, J. Springer 1899) Bd. 1. *S. 452 u. 453* erwähnt; dort finden sich *S. 425—454* z. T. ziemlich eingehende Beschreibungen der andern bisher gebauten Kreisteilmaschinen, besonders der automatischen (Oertling, Würdemann, Saegmüller u. A.).

Die folgenden Zeilen sollen eine kurze Beschreibung der Heydeschen Maschine in ihrer heutigen Form geben, die näher als die genannte Heydesche Beschreibung auf die *Konstruktion* eingeht.

Die Herstellung einer sehr genauen Originalkreisteilung ist für den Mechaniker eine schwierige Aufgabe; noch viel schwieriger aber ist das Einschneiden der Gewindezähne auf dem Kreisumfang, in die die Bewegungsschraube für die bei den selbsttätigen Kreisteilmaschinen erforderliche Drehung eingreift, mit einer dem mathematischen Ideal vollkommener Gleichheit möglichst nahe kommenden Genauigkeit, sodaß die Einschnitte annähernd mathematisch genau gleiche Tiefe und gleiche Abstände erhalten. Die Ungenauigkeiten, die dabei unvermeidlich sind, sind die Ursachen der Fehler der auf den automatisch wirkenden Maschinen geteilten Kreise; und da bei allen bisher gebauten Kreisteilmaschinen als Bewegungsschrauben zur Drehung Tangentenschrauben mit zylindrischem Körper angewandt worden sind, die nur mit einem einzigen Gewindegang vollkommen in den Kreiszähnen einliegen können und

damit allen Fehlern folgen, die an diesen Kreiseinschnitten vorhanden sind (die Deutsch-Amerikaner Würdemann und Saegmüller haben statt der frühern *einen* wenigstens *zwei* einander gegenüberliegende Tangentenschrauben benutzt), so glaubt Heyde die wichtigste Verbesserung der selbstwirkenden Teilmaschine in der bessern Berührung der Bewegungsschraube mit den Kreiseinschnitten gefunden zu haben. Er wendet als Bewegungsschraube die Hohlschraube (Globoidschraube, Peripherieschraube) an, die mit allen ihren Umgängen sich vollkommen in die Kreiseinschnitte einlegt. Die guten Erfahrungen, die Heyde schon mit einer mit einem Gewindesträhler geschnittenen Hohlschraube, die strengen Anforderungen noch nicht genügte, während mehrerer Jahre machte, und die im Lauf der Jahre gewonnene Überzeugung, daß eine gut geschnittene Hohlschraube die beste Bewegungsschraube zur genau gleich-



Fig. 1.

förmigen Drehung von Teilkreisen ist, haben ihn nun veranlaßt, eine *Maschine* zu konstruieren, mit der gute Hohlschrauben zum Eingriff in Zahneinschnitte am Rand von Kreisen mit beliebigem Halbmesser geschnitten werden können. Alle Bewegungsschrauben für die Uhrkreise der größern von Heyde gebauten Äquatoreale hat er mit dieser Maschine geschnitten; er glaubt sagen zu dürfen, „daß die Herstellung guter Hohlschrauben keine größern Schwierigkeiten bereitet, als die guter Tangentschrauben", und damit den von Ambronn *a. a. O. S. 453* ausgesprochenen Zweifel gegen die Globoidschraube („die Herstellung solcher Schrauben in der erforderlichen Güte dürfte aber doch ziemlich schwierig sein") zerstreuen zu können.

Was nun die selbsttätigen Kreisteilmaschinen betrifft, so ist selbstverständlich die Grundbedingung für ihre gute Ausführung, daß eine „vollkommen genaue Originalteilung" (diese gibt es leider bekanntlich nicht; aber die Fehler der besten Originalteilungen sind heute allerdings äußerst gering) vorhanden ist, nach der sehr gleichmäßige Einschnitte in den Kreisrand eingefräst werden können.

Eine weiter zu den bisher genannten Fehlerquellen der seitherigen Kreisteilmaschinen hinzutretende glaubt Heyde in dem Leerlaufen des Zahnrades auf der Schraubenspindel bei der Rückwärtsbewegung der Zahnstange gefunden zu haben (der Eingriff des auf der Schraubenspindel sich drehenden Zahnrads in die unter dem Kreis sich vor- und rückwärts bewegende Zahnstange setzt das Zahnrad in Umdrehung und die Übertragung der Bewegung auf die Schraube geschieht durch ein Sperr-Rad mit Sperr-Klinke). Um diese Fehlerquelle zu vermeiden, wendet Heyde bei seinen neuen Kreisteilmaschinen nur durchgehende Kreisbewegungen an und erzeugt die unterbrochene Bewegung der Schraubenspindel durch einen in das Zahnrad der Spindel sich einlegenden gezahnten Sektor, dessen Länge der Winkeldrehung der Schraube angepaßt ist: verschieden lange Sektoren geben verschiedene Winkeldrehungen der Schraube für die verschiedenen Teilungen; bei normaler Drehgeschwindigkeit des Sektors soll ein Weiterschlendern der Schraube durchaus ausgeschlossen sein.

Heyde hat nach diesen Grundsätzen, die den *Wegfall jeder Korrektionsvorrichtung* ermöglichten, seit Anfang 1904 eine größere Zahl von Teilmaschinen um- und neugebaut. Wie die beiden Fig. 1 und 2 zeigen, ist das Fußgestell der Maschine entweder (für die kleinern Maschinen bis 50 *cm* Kreisdurchmesser) ein starker Dreifuß mit Säule oder (für die größern Maschinen bis 1 *m* Kreisdurchmesser) ein Gußeisenzylinder. Der starke gußeiserne Kreis K (vgl. für alles folgende Fig. 1) trägt den Oberbau. Der Teilkreis wird von einer langen Stahlachse getragen, die in der Buchse B konisch geführt und durch eine Entlastungsschraube gestützt ist, auf deren Fläche einfach die glasharte Spitze der Achse ruht, um die Reibung auf ein Minimum zu verringern. Der Rand des schweren Bronzekreises (auf dessen Oberfläche zwei Silberstreifen zur Aufnahme der Originalteilung eingelassen sind) ist bei den kleinern Maschinen mit 1080, bei den größern mit 2160 oder 4320 Einschnitten versehen, die den Winkelwerten $^1/_3{}^0$, $^1/_6{}^0$ oder $^1/_{12}{}^0$ für jede ganze Umdrehung der in einer dem Zentriwinkel 5° entsprechenden Länge in die Kreiseinschnitte einliegenden Hohlschraube H entsprechen. Diese Peripherieschraube ist mit einem Zahnrad von 60 Zähnen und geteilter Trommel versehen und in einem zwischen Spitzen beweglichen Rahmen f gelagert; das mit f verbundene Gewicht g sorgt für inniges Anliegen der Schraube an die Kreiszähne. Unter dem Tisch T ist die lange Antriebwelle a gelagert; an ihrem Ende sitzt ein Zahnrad (in Fig. 1 u. 2 nicht sichtbar), das in das große Rad V eingreift. Die in den Lagerböcken L_1 und L_2 geführte Welle w hat an beiden Enden Ansätze zur Befestigung des mit einem konischen Rad i verbundenen Rades V auf der einen Seite und des auswechselbaren Sektors S auf der andern Seite. Jeder dieser zur Bewegung der Hohlschraube H dienenden gezahnten Sektoren hat denselben Radius wie V und eine seiner Bogenlänge entsprechende Zahl von Zähnen; die Bogenlänge eines Sektors hängt ab von dem verlangten Teilungsintervall, und es ist deshalb eine ganze Anzahl solcher Sektoren für $^1/_2$, $^1/_3$, $^1/_4$, $^1/_6$, $^1/_{12}$, $^1/_{15}$, $^1/_{30}$ Grad-Teilung auswechselbar vorhanden. Bei der Bewegung von V greift der Sektor in das Hohlschraubenrad ein und bewegt durch Drehung der Schraube den Teilkreis um einen genau begrenzten Winkelwert. Hat der Sektor das Schraubenrad verlassen, so legt er leerlaufend vollends den Umkreis bis zum Wiedereingriff in das Schraubenrad zurück; Fig. 1 und 2 zeigen den Sektor außer Eingriff mit dem Zahnrad der Hohlschraubenspindel.

Diese Zeit des Leerlaufs des Sektors wird benutzt zur Bewegung des Reißerwerks R. Auf den Querstegen N_1 N_2, die höher und niedriger gestellt werden können,

ruht die Brücke J, auf der das Reißerwerk über die ganze Länge des Kreisdurchmessers verschoben und festgeklemmt werden kann; es läßt sich also das Reißerwerk für den Rand jedes auf der Maschine zu teilenden Kreises, der auf der über dem Teilkreis der Maschine angebrachten Scheibe aufzuspannen ist, einstellen. Durch konische Räderübertragung wird die Leitstange k gedreht und auf dieser ist ein gleiches konisches Rad mit dem Reißerwerk verschiebbar. Dieses hat folgende Einrichtung. Zwischen einem starken Rahmen R_1 bewegt sich, zwischen Spitzen geführt, der Mittelrahmen, in dem, abermals zwischen Spitzen gelagert, der Stichelrahmen be-



Fig. 2.

weglich ist. Eine kleine durch die Leitstange k bewegte und durch R hindurchgeführte Welle c ist mit zwei Exzentern ausgestattet, von denen der eine den Hub, der andere den Zug des Stichels vermittelt. Die Länge der zu ziehenden Teilstriche wird, wie bei andern Reißerwerken, durch den Stern x und den mit dem Mittelrahmen verbundenen Einleger y geregelt. Die Drehung des Sterns x vermittelt ein kleiner, mit der Welle c verbundener Daumen, der bei jeder Umdrehung von c den Stern um einen Zahn weiter bewegt.

Der ganze Bewegungsvorgang an der Maschine ist nun folgender. Das an der Antriebwelle a befindliche Zahnrad hat 60, das Rad V 360 Zähne; es macht also die Welle a *sechs* Umgänge, bis das Rad V und der Sektor S *eine* volle Umdrehung aus-

geführt haben. Das konische Rad i macht mit v und der Leitstange k in dieser Zeit ebenfalls *eine* Umdrehung; da ein Umgang der Welle a einer Umdrehung der Schraube S gleich ist, so wird je nach der Länge des Sektorbogens mindestens eine Pause von drei Umgängen der Welle a für den Sektorleergang, d. h. zur Bewegung des Reißerwerks verbleiben. Bei fein zu teilenden Kreisen wird die Pause zur Bewegung des Reißerwerks wesentlich länger; in jedem Fall verbürgt die geschilderte Einrichtung die höchste Genauigkeit für die abwechselnde Drehbewegung des Kreises und das Teilstrichziehen.

Auch das Teilen von Nonien auf der Maschine hat keine Schwierigkeit. Es sind nur Sektoren einzusetzen, die um eine dem gewünschten Nonius entsprechende Zähneanzahl verkürzt sind, sodaß das Schraubenrad nur eine der Differenz zwischen Limbusteil und Noniusteil entsprechende verminderte Drehung zu vermitteln hat. Es können Nonien zur Ablesung von 1', 30", 20" und 10" auf der Maschine geteilt werden.

Die vorstehende Beschreibung, die zum Teil auf einer von Hrn. Heyde selbst gelieferten Notiz beruht, wird zeigen, daß es sich bei dieser neuen automatischen Kreisteilmaschine um originelle und schön durchdachte Einrichtungen handelt. Wie schon angedeutet, konnte bei dieser Maschine *jede Korrektionseinrichtung weggelassen* werden; trotzdem glaubt Hr. Heyde jede Gewähr für die dauernde Leistungsfähigkeit seiner Maschinen übernehmen, ja versichern zu können, daß sie mit der Zeit nicht schlechter, sondern infolge genauern Ineinanderarbeitens der Hohlschraubenumgänge und der Kreiseinschnitte besser werden. Er glaubt ferner den weitestgehenden Anforderungen an Genauigkeit der Teilungen Genüge zu leisten und übernimmt jede Garantie, daß die „Fehlergrenze" der auf dieser „neuen Teilmaschine ausgeführten Teilungen auf das äußerste beschränkt ist". Über die Preise der Heydeschen Teilmaschinen (die durch Gebrauchsmuster geschützt sind) vgl. *diese Zeitschr.* **24.** *S. 310.* **1904:** für Kreisdurchmesser von 34 bis 100 *cm* 3500 bis 12000 M. Über die oben erwähnte Maschine zur Herstellung der Hohlschrauben wird wohl Hr. Heyde selbst bald berichten.

Verf. kann nicht umhin, bei dieser Gelegenheit nochmals den Wunsch auszusprechen, es möchten auch für Originalteilungen (nicht nur für die Teilungen der Gebrauchskreise) die Fehlergrenzen und vollständigen Fehleruntersuchungen veröffentlicht werden.

Über Theorie und Praxis des Laufgewichts-Barographen.

Von
A. Sprung in Potsdam.

(Fortsetzung von S. 45.)

II. Technische Fragen.

A. Die Tauch-Einrichtung.

Der Eigenart des Apparates entsprechend, ist das Barographenrohr in ununterbrochenen vertikalen Bewegungen begriffen; denn das Laufrad wandert ja, auch bei unverändertem Luftdruck, bald nach links, bald nach rechts ein wenig über die Gleichgewichtslage hinaus, sodaß der betreffende Wagebalkenarm bald nach unten bald nach oben kippen muß. Diese vertikalen Bewegungen sind gar nicht unbeträchtlich, denn nach meiner Erfahrung arbeitet der Apparat besser, wenn man ihm hier freies Spiel läßt, als wenn man diese Bewegungen einzuschränken sucht. Deshalb ist es ratsam, die zwei Anschlagschrauben an dem langen Wagebalkenarm dort, wo

auch der Hauptkontakt zustande kommt, soweit herauszuschrauben, daß sie bei den normalen Schwingungen des Balkens nicht mehr berührt werden. Hierzn ist ein Spielraum von 2 bis 3 *mm* an der betreffenden Stelle erforderlich; da nun das Barographenrohr dem Drehnngspunkte des Wagebalkens etwa fünfmal so nahe ist, so beschränken sich die vertikalen Bewegungen des Barometerrohres selbst auf einen Betrag von ungefähr $^1/_2$ *mm*. Es erscheint hiernach wohl verständlich, daß die von mir ursprünglich gehegte Hoffnnng, es möchten diese Vertikalbewegungen ausreichen, um auch diejenigen Gewichtsstörungen zn vermeiden, welche anf den Kapillarkräften beruhen, nicht zugetroffen ist. Zn dem Zwecke bedarf es erheblich kräftigerer Eingriffe. Die beste Methode besteht darin, daß man für einige Sekunden einen ziemlich nmfangreichen Holzkörper in das Quecksilber des Gefäßes eintanchen läßt derart, daß die Quecksilber-Oberfläche im Gefäße sowohl wie im Rohre um 1 bis 2 *mm* ansteigt. Znnächst ist man etwas zu ängstlich mit derartigen kräftigen Maßnahmen, und demgemäß ließ ich eine Kontakt-Vorrichtung an der Uhr, durch welche der Tanchkörper elektromagnetisch in das Quecksilber des Gefäßes herabgeführt wird, nur alle 10 Minnten in Wirksamkeit treten. Aber der Erfolg befriedigte nicht vollkommen; die Genauigkeit der Angaben hatte zwar erheblich zugenommen, aber fast immer erwies sich die Knrve von 10 zu 10 Minuten durch kleine Anhängsel gestört. So bin ich denn schließlich dazn übergegangen, den Tauchkörper jede Minute in das Quecksilber des Gefäßes herabzuführen, was sich gut bewährte. Man mag sich vorstellen, daß die Kurve jetzt nnunterbrochen ein wenig gestört ist; aber diese Störung ist eine Konstante, welche bei der Vergleichung mit dem Normal-Barometer herausfällt. Tatsächlich wird anf diese Weise wieder eine vollkommen glatte Knrve erzielt. Natürlich darf der einzelne Eingriff nicht allzu lange dauern; 3 bis 4 Sekunden sind vollkommen ausreichend.

Die Genauigkeit der Angaben muß als recht befriedigend bezeichnet werden, denn die Differenzen gegen ein gutes Quecksilberbarometer („Wild-Fueß") halten sich oft verschiedene Wochen hindnrch innerhalb eines zehntel Millimeter.

Es mag ausdrücklich hervorgehoben werden, daß vor der Einführung der Taucheinrichtung die einzelnen Abweichnngen zuweilen mehrere zehntel Millimeter erreichten[1]). Man ist ja natürlich zunächst geneigt, den Grund solcher Unterschiede auch in dem Arbeiten des Registrierapparates zu snchen. Nunmehr aber scheint es, als ob die zugrunde liegende Laufgewichts-Registrierwage an sich als ein fehlerlos funktionierender Apparat betrachtet werden kann; denn andernfalls hätte ja eine solche Genauigkeit des Barographen überhaupt nicht erreicht werden können.

Hierfür sprechen übrigens anch die Versuche mit der Laufgewichts-Registrierwage, welche ich im Jahre 1888 angestellt habe (vgl. *diese Zeitschr.* **8.** *S. 17. 1888* und *La Lumière électrique* **43.** *S. 170. 1892*).

[1]) Die Haupterscheinnng ist einfach die folgende. Wenn das Quecksilber im Gefäß einige Zeit ruhig gestanden hat, so genügt schon das Überstreichen der Quecksilberoberfläche mit einer Federfahne, nm einen Rückgang der Barographen-Schreibfeder um einige zehntel Millimeter hervorzurufen. Als bei einem solchen Versuche Hr. Fueß mit einem Mikroskope das im Glasrohr befindliche, obere Niveau des Quecksilbers beobachtete, konnte er von einer entsprechenden Höhenänderung nicht eine Spnr wahrnehmen. Zu demselben Ergebnis gelangte auch Hr. Dr. Leß bei der Untersuchung des Barographen der Kgl. Landwirtschaftlichen Hochschule in Berlin. Man vergleiche anch des letzteren Referat über eine Arbeit von Dubinsky in Pawlowsk in der *Meteorolog. Zeitschr.* **11.** *S. (65). 1894.* Wegen weiterer Einzelheiten verweise ich anf meine Bemerkungen in der *Meteorolog. Zeitschr.* **6.** *S. 277. 1889*, welche in einem Berichte über die vierte allgemeine Versammlung der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft (am 23. bis 25. April 1889 in Berlin) enthalten sind.

Seit $2^1/_2$ Jahren werden in Potsdam die Wochenmittel der Korrektionen des Barographen auf das Gefäß-Heberbarometer andauernd niedergeschrieben. Da es zu weit führen würde, diese Werte alle wiederzugeben, so soll nur der vierte Teil derselben derart, daß nahezu jeder Monat vertreten ist, hier mitgeteilt werden.

Um indessen die fortgelassenen Werte auch noch zur Geltung zu bringen, sind unmittelbar neben den einzelnen Wochen-Mitteln noch Monats- bezw. 4-wöchentliche Mittel mitgeteilt. Letztere geben über den *allgemeinen* Verlauf der Korrektion die beste Auskunft.

		Korrektion in hundertstel Millimeter	
		Wochen-Mittel	Monats-Mittel
1902	1.—7. VIII.	— 2	+ 1
	29. VIII.—4 IX.	+ 3	+ 5
	26. IX.—2. X.	+ 5	+11
	24.—30. X.	+ 12	+ 10
	21.—27. XI.	+ 6	+ 6
	19.—25. XII.	+ 6	— 0
1903	16.—22. I.	+ 4	+ 5
	13.—19. II.	+ 7	+ 7
	13.—19. III.	+ 8	+ 9
	10.—16. IV.	+ 3	+ 5
	8.—14. V.	+ 10	+ 10
	5.—11. VI.	+ 2	+ 2
	3.—9. VII.	— 1	0
	31. VII.—6. VIII.	0	+ 0
	28. VIII.—3. IX.	— 0	+ 2
	25. IX.—1. X.	+ 7	+ 2
	23.—29. X.	+ 2	+ 3
	20.—26. XI.	0	+ 1
	18.—24. XII.	+ 3	+ 2
1904	15.—21. I.	+ 4	+ 2
	12.—18. II.	— 2	+ 5
	11.—17. III.	+ 9	+ 8
	8.—14. IV.	+ 11	+ 11
	6.—12. V.	+ 6	+ 4
	3.—9. VI.	+ 2	+ 3
	1.—7. VII.	+ 4	+ 2
	29. VII.—4. VIII.	+ 1	+ 2
	26. VIII.—1. IX.	+ 6	+ 4
	23.—29. IX.	+ 6	+ 2
	21.—27. X.	+ 5	+ 4
	18.—24. XI.	+ 4	+ 3
	16.—22. XII.	+ 2	

Man ersieht aus den Monats-Mitteln, daß die Korrektion im allgemeinen 2 bis 3 hundertstel Millimeter betragen hat, daß aber einige höhere Werte, bis etwa 10 hundertstel Millimeter, vorhanden sind, welche zweimal im Frühjahr und einmal im Herbst auftraten. Jedenfalls ist also eine deutliche Jahresperiode nicht ersichtlich; dazu müßte man wohl auch noch mehr Material abwarten.

Das wichtigste Ergebnis scheint mir zu sein, daß die Werte zu Anfang und zu Ende des $2^1/_2$-jährigen Zeitraums so gut wie ganz gleich waren; hiernach erscheint man wohl berechtigt, den Barograph auch als vollkommen *absoluten* Apparat zu behandeln, wenn es sich — wie in den meisten meteorologischen Fällen — nur darum

handelt, den Luftdruck in solcher Weise zu messen, daß man die zehntel Millimeter noch als ganz sicher betrachten darf.

Von einer weiteren kleinen Untersuchung über die Genauigkeit des Apparates, welche sich auf zwei getrennte Vierteljahre erstreckte, sollen hier nur die Ergebnisse mitgeteilt werden.

Es ergaben sich für den *wahrscheinlichen Fehler einer Beobachtung* die folgenden Werte:

im Sommer: $\pm 0{,}026_1$ *mm*,
„ Winter: $\pm 0{,}031_1$ „ ;

der wahrscheinliche Fehler erreicht also hiernach kaum den Betrag von 0,03 *mm*, welcher von Hrn. Scheel im Jahre 1894 bei dem Barographen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt gefunden wurde[1]). Der Unterschied ist jedoch nur unbedeutend; man wird also daran festhalten dürfen, daß mit beiden Apparaten die Bestimmung des Luftdrucks mit einem wahrscheinlichen Fehler von 0,03 *mm* erfolgt.

B. Die Füllung des Barographenrohres.

Die Füllung erfolgt im Prinzip in der primitiven, in jedem Lehrbuch der Physik beschriebenen Weise, indem man das mit dem Finger verschlossene, vollständig gefüllte Rohr umkehrt und unter Quecksilber öffnet. Es wird also hier nur darauf ankommen, zu zeigen, in welcher Weise dies primitive Verfahren erheblich verbessert werden kann. Allzuhohe Ansprüche dürfen dabei freilich nicht gestellt werden; dies ist aber auch schon deswegen nicht nötig, weil die meisten Barographenrohre ganz oben noch mit einer kugelförmigen Erweiterung versehen sind, sodaß kleine Reste Luft hier eine weit stärkere Verdünnung erfahren, als bei den gewöhnlichen Quecksilberbarometern.

Die Hauptsache war aber die, ein Verfahren zu besitzen, welches gestattet, am Orte der Aufstellung des Barographen eine leidliche, in vielen Fällen sogar recht gute Füllung des Barographenrohres vorzunehmen, weil sich der früher gebräuchliche Versand des gefüllten Rohres als zu gefährlich erwiesen hat.

Den zu beschreibenden Kunstgriff habe ich vor etwa 25 Jahren von einem Hrn. Bogen gelernt und auf Barographenrohre zuerst in Anwendung gebracht[2]). Es empfiehlt sich, die Füllung zunächst mit einem wesentlich engeren Glasrohre einzuüben. Man benutze beispielsweise ein sorgfältig gereinigtes, zylindrisches Barometerrohr von etwa 10 *mm* Durchmesser, bringe das offene Ende nach oben und fülle es mit Quecksilber. Dann wird das offene Ende mit dem Finger verschlossen, das Rohr umgedreht und nun unter Quecksilber geöffnet. Damit ist das primitive Barometer gewonnen: *zu den weiteren Maßnahmen ist ganz unerläßlich, daß der Finger mit einem Kautschuk-Überzuge versehen sei.* Man kann dazu einen der überall käuflichen Gummifingerlinge verwenden.

Es wird nun das mit dem Finger wieder verschlossene Rohr, ohne es vorher durch Neigen vollaufen zu lassen, aus dem Quecksilber wieder herausgenommen. Es befindet sich also jetzt über dem Quecksilber ein teilweises Vakuum, in welchem man die Reste Luft, welche noch im Quecksilber und an der Wand des Glasrohres vorhanden waren, sich ansammeln lassen kann. Zu dem Zweck hält man natürlich das Rohr angenähert horizontal und läßt die Vakuumblase einige Male hin und herlaufen, indem man zugleich das Rohr ein wenig dreht, sodaß nacheinander die verschiedenen Glasstelle nach oben gerichtet sind.

[1]) *Diese Zeitschr.* **15.** *S. 133. 1895.*

[2]) Das Prinzip der Methode habe ich übrigens auch schon in meinem Lehrbuche auf *S. 64 u. 65* beschrieben.

Hierauf wiederholt man die ganze Operation, indem man das Glasrohr behutsam mit tunlichst gutem und luftfreiem Quecksilber von neuem ganz anfüllt, u. s. w. Nach nur wenigen Wiederholungen wird ein recht gutes Barometer entstanden sein.

Nachdem man diese Methode an dem engen Rohre genügend studiert hat, mag man sie auch an weiten Rohren versuchen; doch dürfte es sich empfehlen, nicht sogleich das Barographenrohr hierzu zu wählen, sondern zunächst ein weites Proberohr. Von Hrn. Fueß werden deshalb ein oder zwei derartige Rohre dem Barographen beigegeben werden. Bei der Handhabung des weiten Rohres ist wegen des großen Gewichts des darin enthaltenen Quecksilbers mit der nötigen Vorsicht zu verfahren.

C. Die neuere Laufradführung.

Wie die erste Abbildung des Apparates in dem mehrfach zitierten Loewenherzschen Berichte vom Jahre 1880 zeigt, ist ursprünglich nur ein Elektromagnet vorhanden gewesen, während die jetzige Ausführung (siehe Fig. 2 und 3), ebenso wie das von Scheel in *dieser Zeitschr. 15. S. 133. 1895* beschriebene Exemplar, drei Elektromagnete besitzt. Der größte, E, dient zum Betriebe des hölzernen, am Gefäße des Barometers sitzenden Tauchkörpers T (vgl. Abschn. II A). Die zwei kleinen Elektromagnete oben rechts bewegen das Laufrad L bezw. regeln sie die Bewegung des letzteren durch die Uhr, indem sie abwechselnd in Tätigkeit treten und hierdurch die jeweils vorhandene Bewegungsrichtung des Laufrades nach kurzer Zeit wieder umkehren.

Vermittelt wird diese Bewegung, wie auch in der Einleitung schon angedeutet ist, durch eine lange Stahlschraube S, welche vor dem langen linken Wagebalkenarme gelegen ist. Aber auch noch rechts vom Unterstützungspunkte des Wagebalkens erkennt man einen kleinen Teil dieser Schraube, denjenigen nämlich, durch welchen die von der Uhr ausgehende Bewegung auf die Schraube übertragen wird. Hier sitzen nämlich, konachsial mit der Schraube selbst, zwei Reibungsscheiben r fest auf, deren *innere* Flächen am Rande mit einer feinen Zahnung versehen sind.

In den Raum zwischen diesen zwei Reibungsscheiben ragt von unten her eine aus Weichgummi hergestellte Triebscheibe hinein, welche auf der in Fig. 2 deutlich erkennbaren, durch das Uhrwerk ständig in Umdrehung versetzten Antriebstange A sitzt; letztere selbst steckt ganz oben in einer beweglichen Führung, und zwar hängt dieses obere Lager von A unmittelbar mit dem gemeinschaftlichen Anker der beiden Elektromagnete zusammen. Die Anordnung ist eine derartige, daß, wenn beispielsweise der *linke* Elektromagnet allein erregt worden ist, die Weichgummischeibe nach links hin an die betreffende Reibungsscheibe angepreßt und hierdurch das Laufrad samt Schreibfeder F andauernd nach *links* fortgeführt wird.

Ganz dementsprechend führt der *rechts* gelegene Elektromagnet, wenn er allein in Wirksamkeit ist, das Laufrad andauernd nach *rechts*.

Nach diesen Erläuterungen wird man sich von dem Spiel des Apparates leicht ein anschauliches Bild machen können.

Kippt z. B. der lange, links liegende Wagebalkenarm vermöge des nach links erfolgenden Fortschreitens des Laufrades ein wenig herunter, so bildet er am Ende links[1]) einen Kontakt, der durch die Berührung einer Silberschneide mit einem ganz

[1]) Das effektive linke Ende des linken Wagebalkens bildet ein Gegengewicht in genau 50 *cm* Abstand vom Drehungspunkte des Wagebalkens. Dieses Gegengewicht, der Hauptkontakt H und die unter II A schon erwähnten Anschlagschrauben liegen hier alle ganz nahe beieinander.

dünnen Platinbleche bewerkstelligt wird[1]). Dieses ist der sogenannte *Hauptkontakt H*, welcher früher allein vorhanden war. Die unmittelbare Wirkung des Hauptkontaktes ist die, daß der Strom nun nicht im linken, sondern im rechten Elektromagneten kreist und hiermit die Fortschreitungsrichtung des Laufrades umgekehrt wird; dasselbe wandert nun nach rechts. Zu der soeben erwähnten Umschaltung bedarf es des *Nebenkontaktes N*, welcher sich rechts unten vom Drehungspunkt des Wagebalkens dicht über dem rechten der zwei kleineren Elektromagnete befindet. Hier ist nämlich der Anker unmittelbar über dem einen Kern des rechten Magneten mit einer kleinen Durchbohrung versehen, welche einen kleinen Eisenhammer ganz frei passieren läßt.



Fig. 2.

Dieses Hämmerchen sitzt an einem elastisch biegsamen Stiele (vgl. Fig. 3), durch welchen (bei stromlosem rechten Magneten) die mit Platin bekleidete Oberseite des Hammers an eine darüber befindliche, ebenfalls mit Platin bekleidete Regulierschraube angedrückt wird: solange dieser Nebenkontakt Schluß hat, wird der Strom dem linken Elektromagneten zugeleitet, und das Laufrad wandert also nach links, eben bis zum Eintritte des Hauptkontaktes. Sobald letzterer erfolgt ist, geht nämlich der Strom einen Augenblick durch beide Elektromagnete gleichzeitig hindurch; sofort wird dann aber das Hämmerchen des Nebenkontaktes, trotzdem der rechte Elektromagnet nur Strom von der halben Stärke erhält, angezogen, der Nebenkontakt also unterbrochen und hierdurch der Strom dem rechten Elektromagneten in voller Stärke zugeführt derart, daß nun die weit größere Arbeit der Fortführung des Laufrades nach der rechten Seite geleistet werden kann. Dies unterbricht dann aber nach kurzer Zeit den Hauptkontakt, hierdurch gelangt nun der linke Elektromagnet wieder in Tätigkeit u. s. w.

[1]) Früher waren es etwa 12 ganz feine Platin-*Drähte*, die sich nur sehr schwierig in Ordnung halten ließen. Vor ungefähr sieben Jahren aber habe ich die Drähte durch das außerordentlich viel bequemere *Platinblech* ersetzt (vgl. A. Sprung, *Meteorol. Zeitschr.* **15.** *S. 113. 1898*). *Diese Abänderung hat sich vollkommen bewährt.*

In der vorstehenden Erörterung ist auf die tatsächliche Stromführung nicht Rücksicht genommen, weil die meisten Empfänger des Apparates durch die in der Werkstatt erfolgte Verlegung der Drähte der Mühe überhoben sein werden, sich mit den Einzelheiten der Stromführung zu befassen. Es lassen sich aber doch Fälle denken, in denen die Kenntnis der letzteren erwünscht sein wird, und deshalb ist in Fig. 3 auch noch das Stromleitungsschema zugefügt worden. Die Buchstaben-Bezeichnung stimmt mit derjenigen der Hauptfigur (Fig. 2) überein. Außerdem befindet sich an vier Stellen noch der Buchstabe k; dies bedeutet einen Körperschluß, d. h. es wird zur Vereinfachung der Konstruktion der metallische Körper des Apparates zur Weiterführung des Stromes benutzt.

Es möge zur Erläuterung der Stromlauf durch die zwei kleinen Elektromagnete betrachtet werden.

Die von der Batterie B kommende Stromleitung geht zunächst zum vorderen (in Fig. 3 unteren) Teile des rechten Elektromagneten, dann weiter zum vorderen Teile des linken Magneten.

Von der Wickelung des hinteren Teiles des rechten Magneten geht die Leitung isoliert weiter bis zum Hauptkontakt H. Ist hier Schluß, so tritt der Strom in den Wagebalken ein, geht durch die Schneide zum Körper des Apparates, der ja unmittelbar mit dem anderen Pole der Batterie verbunden ist. Durch den Hauptkontakt H wird also der rechts gelegene Magnet direkt in Tätigkeit gesetzt.

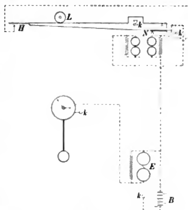


Fig. 3.

Die erste Arbeit, welche letzterer hierbei leistet, besteht, wie oben schon erörtert, darin, daß das Hämmerchen nach unten gezogen und hierdurch der Nebenkontakt N unterbrochen wird. Hierdurch wird der linke Magnet ausgeschaltet; denn von dem hinteren Teile des linken Magneten geht die Stromleitung isoliert zu einem ebenfalls isolierten starren Metallstäbchen (das in Wirklichkeit noch mit einem Regulierschräubchen versehen ist).

Wenn jedoch der rechte Magnet das Hämmerchen nicht nach unten zieht, dann berührt es dieses Metallstäbchen und nun tritt von hier der Strom durch das Hämmerchen in den Körper des Apparates ein und gelangt so unmittelbar zum anderen Batteriepole.

Der Hauptvorteil der beschriebenen neueren Laufradführung besteht darin, daß die Kraft, mit welcher die Antriebstange A, bezw. die an derselben oben angebrachte, aus Weichgummi hergestellte Triebscheibe sich jeweils an eine der zwei Reibungsscheiben r der großen Stahlschraube anlegt, nach beiden Seiten stets gleich ist, wie groß die Stromstärke auch sein möge.

Dies war bei der allerersten Einrichtung nicht der Fall, weil hier nach der einen Seite hin der Druck stets vermöge einer Abreißfeder ausgeübt wurde; dieser konstanten Kraft stand also die mit der Stromstärke stark variierende Kraft des Elektromagneten gegenüber. Infolgedessen ereignete es sich nicht selten, daß bei abnehmender Stromstärke plötzlich die Schreibfeder seitwärts zu wandern begann und erst am Rande der Schreibtafel zum Stillstand gelangte.

Derartige Übelstände kommen nach Einführung des Doppelmagneten kaum mehr vor, aber es ist bis zu einem gewissen Grade unwillkommen, daß man auf die Abnahme der Stromstärke nicht in drastischer Weise aufmerksam gemacht wird, denn auch bei der Stärke Null bleibt das Laufrad an derselben Stelle stehen, nur daß alsdann die Kurve schließlich ganz zart wird, weil keine Oszillationen mehr erfolgen. Um dies zu vermeiden, empfiehlt sich die Anbringung eines zweckentsprechenden Strommessers überall da, wo man nicht etwa eine vollkommen systematische Überwachung der Elemente eingeführt hat.

Auch ist zu beachten, daß bei der neuen Einrichtung die Elemente doppelt so lange Zeit wie früher, nämlich so gut wie ununterbrochen, zu arbeiten haben. Es ist also ganz ausgeschlossen, Leclanché-Elemente zu verwenden; man muß Kupfer-Zink-Elemente des Meidinger- oder Daniell-Typus nehmen. Vier auf Spannung geschaltete, ziemlich große Meidinger-Elemente werden genügen, doch empfiehlt es sich, vier andere parallel zu schalten, und womöglich die eine Reihe dann erst anzusetzen, wenn die andere ungefähr die halbe Zeit gebraucht worden ist (aber wie gewöhnlich noch wenig in der Wirkung eingebüßt hat). Gänzlich zu widerraten ist die Verwendung der Ströme einer elektrischen Zentrale, während Akkumulatoren von entsprechender Zahl und Größe zu empfehlen sind.

Die Doppelmagnet-Einrichtung (an Stelle der Abreißfeder) hat leider die Konstruktion des Apparates etwas komplizierter gemacht. Ob dieser Nachteil durch die vorher beschriebenen Vorteile vollkommen ausgeglichen wird, muß die Erfahrung zeigen. Jedenfalls wird es gut sein, sich daran zu erinnern, daß auch der alte Apparat ganz gute Dienste geleistet hat, natürlich nicht mit dem Quecksilberkontakt, mit dem derselbe ursprünglich versehen war. Diesem Quecksilberkontakte gegenüber bedeutete der Rung-Lauritzensche Silber-Platin-Kontakt einen ungeheuren Fortschritt; beschrieben und abgebildet ist derselbe in der *Meteorol. Zeitschr.* **1.** *S. 34. 1884.* Von seiner Abänderung im Jahre 1898 ist oben schon die Rede gewesen.

D. Einige Winke für die Behandlung des Instrumentes.

1. Es empfiehlt sich, monatlich ein Putzen der zwei Kontakte vorzunehmen. Hierzu benutzt man am besten ganz feines Schmirgelpapier, das auf ein dünnes keilförmiges Hölzchen aufgeklebt ist. Am Hauptkontakt reibt man hiermit einige Male die Silberleiste, am Nebenkontakte aber die beiden kleinen Flächen, durch deren Berührung der Strom geschlossen wird. Um bequem ankommen zu können, schraubt man vorher beim Hauptkontakt die obere Anschlagschraube des Wagebalkens, beim Nebenkontakt die Kontaktschraube selbst tunlichst weit in die Höhe (natürlich nur für die Zeit des Putzens). Nach dem Abreiben der Kontakte ist es nötig, den hierdurch verursachten Schmirgelstaub wieder zu beseitigen, am besten mit Hülfe einer kleinen, ganz trocknen und sauberen Federfahne.

Um das Platinblech des Hauptkontaktes wird man sich nicht viel zu kümmern brauchen; es scheint jahrelang befriedigend zu wirken. Sollte indessen eine Veränderung der Anschlagstelle erwünscht erscheinen, so kann man das Ganze leicht auseinander schrauben und das Blech in der in der *Meteorol. Zeitschr.* **15.** *S. 113. 1898* beschriebenen Weise wieder herrichten.

2. Zuweilen, wenn auch ziemlich selten, machen sich ganz kleine, meistens nur nach einer Seite gerichtete Ansätze an der Kurve bemerkbar. Diese rühren von dem Ankleben des Wagebalkens an den Anschlagschrauben her, denn man wird sich davon überzeugen, daß dieselben verschwinden, wenn die Anschlagstellen

in ganz ähnlicher Weise, wie es soeben für die Kontakte beschrieben wurde, gepntzt werden.

3. Wenn man die Stromznführung unterbricht, wozn neuerdings ein besonderer Einschalter oder Steckstift vorhanden ist, so mnß sich (man hebe znvor die Schreibfeder vom Papier ab) das Laufrad nach beiden Richtungen leicht verschieben lassen. Diese Probeverschiebnng darf man nicht zn rasch ausführen, weil sonst das Lanfrad ans seinem Lager geraten könnte.

Findet man bei dieser Probeverschiebnng bei nnterbrochenem Strom einen merklichen Widerstand, so versuche man zunächst, ob derselbe verschwindet, wenn man die beiden Enden der langen Schraube mit einem Tröpfchen Petrolenm oder feinen Öles versieht.

Verschwindet der Widerstand dabei nicht, so ist es wahrscheinlich, daß das mit Gnmmischeibe versehene Übertragungsrad nicht genügend gut in der Mitte zwischen den beiden Reibnngsscheiben *r* sitzt, an welche es sich bei dem Arbeiten des Apparates anlegt. Ehe man aber alsdann zu einer Regulierung schreitet, mache man nachfolgende Proben.

Man schließe die Stromznführung, drücke mit der linken Hand das linke Ende des Wagebalkens zum Schließen des Hanptkontaktes nach unten und probiere mit der rechten Hand behntsam, ob das Laufrad sich etwa sehr leicht seitwärts verschieben läßt. Dieselbe Probe mache man mit anfwärts geschlagenem Wagebalken.

Ist eine Asymmetrie in der Lage des Übertragungsrades vorhanden, so wird man bei diesen beiden Proben dentlich einen Unterschied in der Kraft merken, mit welcher das Lanfrad von dem Führnngsmechanismus festgehalten wird[1]). Und in solchem Falle wird man versnchen, den Fehler dadurch zu beseitigen, daß man die Lager der großen Führnngsschranbe ein wenig verstellt. Hierzn dient die links gelegene Schraube (mit Sicherung), welche erst mit Hülfe eines Stellstiftes in Gebranch genommen werden kann.

4. Bei sehr langem Gebrauche kann eine merkliche Abnntznng des Gummirandes der Triebscheibe eintreten, derart, daß das Lanfrad nach beiden Seiten nur sehr mangelhaft mitgenommen wird. In diesem Falle kann man die Gnmmischeibe dadurch vergrößern, daß man vier kleine Schränbchen etwas hineinschraubt. Es empfiehlt sich, zu diesem Zwecke die ganze Triebstange heransznnehmen, worauf man die vier Schräubchen leicht finden wird. Man beachte noch, daß die Gefahr vorliegt, dieses Hineinschrauben zn übertreiben, nnd daß die Gnmmischeibe leicht ihre genan kreisförmige Gestalt verliert, wenn man nicht alle vier Schränbchen in genau gleicher Weise behandelt.

5. Bei der Uhr ist zu bemerken, daß gar nichts daranf ankommt, ob sie richtig geht. Man wird deshalb am besten mindestens den Minntenzeiger ganz entfernen, wo derselbe etwa noch vorhanden ist.

6. Wenn sich herausstellen sollte, daß die Vergrößerung eines neugelieferten Barographen nicht eine genan fünf- oder zehnfache ist, sondern eine geringere, so liegt das nnr daran, daß man vorzieht, dem Apparate ein etwas zn schweres Laufrad

[1]) Znm Nachweise einer solchen Asymmetrie wird man auch die Linien größter Steignng oder Senkung benntzen können, welche man erhält, wenn man für die knrze Zeit des Versuchs eine einseitige Belastnng des Wagebalkens herstellt, die genügt, nm die Schreibfeder ungefähr bis znm Rande der Tafel fortschreiten zu lassen. Diese Linien müssen nach beiden Seiten hin scharf und geradlinig sein, ohne jede Unterbrechnng.

beizugeben, anstatt ein zu leichtes. Denn es ist viel einfacher, das Laufrad kleiner zu machen, als größer.

Immerhin dürfte es sich, wenn die Schwierigkeiten des Transports nicht allzu groß sind, empfehlen, das Laufrad zur genauen Gewichtsjustierung in die Fueßsche Werkstatt zurückzusenden.

Natürlich muß man vorher die wirklich vorhandene Vergrößerung durch Vergleichung mit dem betreffenden Normalbarometer möglichst genau bestimmen.

Referate.

Über ein Mittel, um in ebenem Gelände rasch einen Lageplan aus Ballonphotographien zu erhalten.

Von A. Laussedat. *Compt. rend.* ***137.*** *S. 24. 1903.*

Bei den seit ziemlich langer Zeit zur Planaufnahme benutzten Ballonphotographien ist im allgemeinen eine langwierige Konstruktion notwendig. Sehr einfach wird die Sache allerdings, wenn die optische Achse der Kamera vertikal, die Bildebene horizontal gerichtet wird. Nur ist für diesen einfachen Fall bei mäßiger Höhe des Ballons der Umfang des dargestellten Geländes sehr klein, während aus *großen* Höhen, in die man den Ballon oder Drachen aufsteigen lassen wollte, zu viele Einzelheiten des darzustellenden Geländes verloren gehen. Auch kann man nicht in jedem Fall den Ballon senkrecht über dem Gelände aufsteigen lassen, das aufgenommen werden soll. Man muß also Bilder mit schiefer Stellung der Kamera-Achse verwenden; bei derselben Höhe des Ballons vergrößert sich für solche Abweichung der Achse der Linse von der Vertikalen die Größe des auf der Platte abgebildeten Gebiets der Erdoberfläche rasch (Schnitt der Erdoberfläche mit der vierseitigen Pyramide, deren Spitze im optischen Mittelpunkt der Linse liegt und deren Kanten durch die Ecken der Platte gehen). Photographiert man aus 500 *m* Höhe mit einer Linse von 15 *cm* Brennweite auf eine horizontalliegende quadratische Platte von 18×18 *cm*, so ist, da der Längenmaßstab bei den angegebenen Zahlen $\frac{0,15}{500} = \frac{1}{3333}$ wird, die dargestellte Fläche 36 *ha* groß; photographiert man aber mit demselben Apparat in derselben Höhe mit einer Richtung der optischen Achse, die sich um 30° unter die Horizontale senkt, so ist das auf der Platte dargestellte Stück der Erdoberfläche rund 450 *ha* groß und die Entfernung des entferntesten, auf der Platte noch sichtbaren Punkts von der Horizontalprojektion des Ballons 3000 *m*. Man hat bekanntlich schon Apparate hergestellt, aus sieben Kameras bestehend, die so zusammengestellt sind, daß, wenn die optische Achse der mittleren vertikal abwärts gerichtet ist, die Achsen der sechs anderen, je an einer Seite eines regelmäßigen Sechsecks sitzenden, etwa unter 35° unter den Horizont sich senken. Man bekommt mit diesem Apparat, wenn die obigen Zahlen vorausgesetzt werden (15 *cm* Brennweite, 18×18 *cm* Platten, 500 *m* Höhe) eine Fläche von etwa 1500 *ha* in den sieben Bildern.

Der Verf. bezeichnet es nun, dem Vorstehenden gemäß, als wichtigste Aufgabe, ein Mittel zu finden, die schiefen Photographien (wie der Ref. sie Kürze halber nennen will) in Pläne zu verwandeln, ohne daß dazu eine graphische Konstruktion notwendig wäre; und er gibt eine photographische Lösung dieser Aufgabe. Eine Kamera (ohne Linse) in Form einer Schachtel von trapezförmigem Grundriß, für die eben wieder angegebenen Verhältnisse 80 *cm* lang, vorn 72, hinten 20 *cm* breit und etwa 17 *cm* hoch, erhält am hinteren Ende in einem feinen Metallplättchen ein sehr kleines Loch, das das photographische Objektiv ersetzt. Darüber kann eine zweite Kamera in Form einer abgestumpften Pyramide so gesetzt werden, daß die Spitze der Pyramide genau in die Mitte des Lochs fallen würde; die Basis der Pyramide hat die schiefe Photographie, die transformiert werden soll, aufzunehmen. Der

Achse dieser zweiten pyramidenförmigen Kamera kann mit Hülfe von Metallbögen (deren einer eine Gradteilung trägt) zu beiden Seiten jede beliebige Neigung gegen die Grundfläche der trapezförmigen Kamera gegeben werden. Ist die bei der Aufnahme der schiefen Photographie vorhanden gewesene Neigung hergestellt und auf dem Boden der großen Kamera der lichtempfindliche Stoff (Glasplatten sind wegen der Dimensionen ausgeschlossen) angebracht, so entsteht, durch Belichtung der auf der Basis der pyramidenförmigen Kamera befindlichen Platte, auf dem Boden der großen Kamera der gewünschte Plan. Ob die Genauigkeit des so erhaltenen Grundrisses, wie der Verf. annimmt, ohne weiteres den Vergleich mit der der „regelmäßigen" Aufnahme aushält, wird die Erfahrung lehren müssen; die schiefen Bilder von Bäumen und sogar Wäldern sollen nicht stören. Ausgeführt und erprobt scheint der Apparat bis jetzt nicht zu sein. Der Verf. sagt wenigstens zum Schluß, man werde über die Einzelheiten der Ausführung sich leicht verständigen können, wenn die Sache praktisch durchzuführen sei. *Hammer.*

Dines' Barometer.

Nach einem Prospekt.

Ein genügend genau registrierendes Quecksilberbarometer mit Temperaturkompensation wäre u. a. für selbständige barometrische Höhenmessungen als Standbarometer sehr willkommen; die Aneroid-Barographen nach dem Richardschen Modell sind zwar wohl im allgemeinen für meteorologische Zwecke ausreichend, nicht aber für die Zwecke der barometrischen Höhenmessung, da, wenn die überhaupt erreichbare Genauigkeit dieser Messungen maßgehend sein soll, die Angaben jener Instrumente zu wenig genau sind. Nach den Ankündigungen in englischen Zeitschriften (*Nature* u. a.) scheint ein neues englisches zum Registrieren eingerichtetes Quecksilberbarometer mehr zu leisten, als die bisher bekannt gewordenen Einrichtungen; die Genauigkeit des von W. H. Dines entworfenen, von J. J. Hicks (Hatton Garden, London) gebauten Instruments soll 0,005 Zoll (0,13 *mm*) sein. Leider ist dem Hicksschen Prospekt zwar eine Abbildung des Barometers beigegeben, aber keine nähere Beschreibung der Konstruktion. Die Reibung zwischen allen sich bewegenden Teilen, insbesondere die zwischen Schreibfeder und Papier auf der Trommel, soll möglichst klein gemacht sein; bekanntlich liegt in der zu großen Reibung an dieser Stelle einer der Nachteile der Richardschen und ähnlicher Aneroid-Barographen. Auf der Trommel entspricht die Höhe $1\frac{1}{2}$ Zoll (rd. 38 *mm*) der Barometerschwankung von 1 Zoll. Der Schwimmer, dessen Bewegungen auf die Schreibfeder übertragen werden, ist ein oben geschlossener Zylinder; die Ausdehnung der Luft in diesem Zylinder besorgt die Temperaturkompensation des Instruments. Wichtig ist eine zweite feste Schreibfeder, die eine für feinere Messungen als Null-Linie dienende Referenzlinie aufzeichnet, wodurch die aus nicht ganz richtigem Aufziehen des Papiers auf die Trommel oder aus Ungenauigkeiten der Teilung, Verziehen des Papiers u. s. f. entspringenden Fehler eliminiert werden können. Der Preis des Instruments (600 M.) würde allerdings zunächst seiner Verwendung für den im Eingang angegebenen Zweck im allgemeinen wenig förderlich sein. *Hammer.*

Volumometer für kleine Substanzmengen und eine Abänderung desselben für große Temperaturintervalle.

Von L. Zehnder. *Ann. d. Physik* **10.** *S. 40. 1903;* **15.** *S. 328. 1904.*

Das in der ersten Abhandlung beschriebene, nur für Messungen in der Nähe von Zimmertemperatur bestimmte Volumometer ist in Fig. 1 dargestellt. Es ist im wesentlichen ein Quecksilberbarometer *bb*, welches sich in einem weiteren, entsprechend langen Rohre *GG* auf- und abbewegen läßt. Nach oben hin ist in das Barometerrohr ein Zeiger *z* eingeschmolzen, gegen welchen die obere Quecksilberkuppe eingestellt wird, und zwar grob durch Verschieben des ganzen Rohres *bb*. fein durch Einstoßen eines Glasstabes *r* in das Quecksilber im oberen erweiterten Teile des Rohres *G*. L_1 und L_2 sind Lupen, L_1 zur Kontrolle der Berührung zwischen Zeiger *z* und oberer Kuppe, L_2 zur Ablesung des Teilstriches,

bei welchem das Rohr *bb* die Quecksilberoberfläche *q* durchsetzt; *p* ist ein Gummistopfen, auf welchen das Barometerrohr aufgedrückt werden kann.

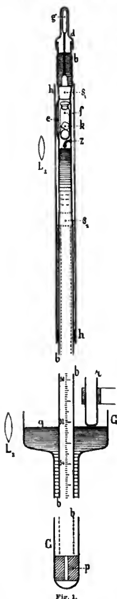


Fig. 1.

Der Zeiger *z* dient zugleich als Stütze für das Stöpselfläschchen *f*, welches mit der zu untersuchenden Substanz *k* gefüllt ist; der Stöpsel ist absichtlich nicht vollkommen eingeschliffen, sodaß eine langsame Kommunikation der im Innern des Fläschchens eingeschlossenen Luft mit der Außenluft stattfindet. Nach oben hin wird das Barometerrohr durch den Stöpsel s_1 ab-

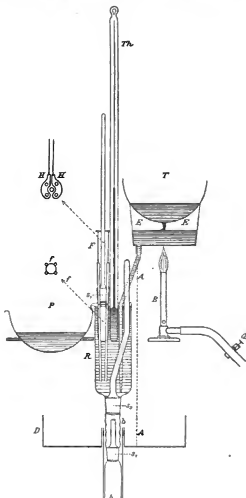


Fig. 2.

geschlossen, dessen Schliff durch Quecksilber gedichtet wird; der Stöpsel s_1 darf nur an seinem Glasgriff *g* gefaßt werden.

Die zur Bestimmung des Volumens auszuführenden Operationen bestehen im wesentlichen darin, daß man zunächst durch Einsenken des oben noch geöffneten Barometerrohres *b*

das Quecksilber bis in den oberen geriffelten Teil ansteigen läßt, dann das Fläschchen unter Zuhülfenahme des Stöpsels s_1 einführt und nach Einsetzen des Stöpsels s_1 das Rohr *bb* wieder soweit aus dem Rohr *GG* heraushebt, bis die Kuppe den Zeiger *z* berührt. Führt man diese Operation zweimal, einmal bei leerem, einmal bei mit der Substanz beschicktem Fläschchen aus, so erhält man in der bekannten Weise das Volumen der Substanz.

Der Verf. beschreibt eingehend alle Vorsichtsmaßregeln zur Erzielung guter Resultate, die hauptsächlich auf jegliche Vermeidung von Fett und Feuchtigkeit hinauslaufen, und gibt auch die Mittel an, die zu einer einwandfreien Bestimmung der Temperatur erforderlich sind. Wegen dieser Einzelheiten mag auf das Original verwiesen werden.

In der zweiten Mitteilung veröffentlicht der Verf. diejenigen Veränderungen an seinem Apparat, die nötig sind, um ihn für große Temperaturintervalle brauchbar zu machen. Zur Erläuterung dient Fig. 2.

An dem oberen Teil des Barometerrohres *b* ist ein weiteres Rohrstück *R* angeblasen, dessen Inhalt gegen *b* durch den Glasstöpsel s_2 (mit gebogenem Glasstiel) abgeschlossen ist. Unterhalb des Schliffes s_2 ist ein zweiter Schliff s_1 vorgesehen; der in diesen Schliff passende Stöpsel (gleichfalls mit langem Glasstiel) befindet sich während der Vorbereitung zum eigentlichen Versuche oberhalb des Rohrteiles *R*. Dort wird nämlich das mit der Substanz beschickte Stöpselfläschchen *f* durch vier über federnde Stahldrähtchen *F* geschobene Glasröhren wie in einer Führung und durch den darüber befindlichen Stöpsel s_1 in der gewünschten Höhe gehalten. Der Stöpsel s_1 selbst, oder vielmehr sein Stiel, wird durch zwei gegen einander federnde Halbringe *HH* getragen, in denen gleichzeitig jene eben genannten Stahldrähtchen befestigt sind. Neben dem Fläschchen befindet sich das Gefäß des Quecksilberthermometers *Th*.

Der Stöpsel des Fläschchens *f* ist wieder soweit eingerieben, daß der Schliff quecksilber-, nicht aber luftdicht schließt.

Zur Ausführung eines Versuches wird zunächst das Rohr *R* mit reinem Quecksilber gefüllt und dann das Fläschchen in eine solche Lage gebracht, daß sein Hals noch aus dem Quecksilber heraussieht, daß also noch der Druckaustausch zwischen seinem Innern und der umgebenden Luft stattfinden kann. Alsdann stellt man neben dem Gefäß *R*, von ihm durch einen Asbestschirm *AA* getrennt, eine eiserne, mittels Bunsenbrenner *B* geheizte Schale *EE* auf, aus welcher dauernd Quecksilber durch ein angesetztes Rohr bis auf den Boden des Rohres *R* geleitet wird. Das eingeführte warme Quecksilber gibt seine Wärme an den Inhalt des Rohres *R* ab, gelangt dann durch einen Überlauf in die Porzellanschale *P*, um von dieser mittels des Trichters *T* wieder der Eisenschale *EE* zugeführt zu werden. Durch passende Regulierung der Flammenhöhe des Bunsenbrenners mittels des Quetschhahnes *Q* kann man auf diese Weise den Inhalt von *R* und somit auch das Fläschchen *f* auf jede gewünschte Temperatur bringen und einige Zeit auf dieser halten.

Nach Eintritt konstanter Verhältnisse wird zunächst das Thermometer abgelesen, dann das Fläschchen *f* mittels des Stöpsels s_1 soweit nach unten gestoßen, daß sein Schliff unter Quecksilberabschluß steht und somit jedes Eindringen von Luft in sein Inneres unmöglich gemacht ist. Nun wird das warme Quecksilber im Trichter *T* durch kaltes ersetzt und die Zirkulation so lange fortgeführt, bis der ganze Inhalt von *R* auf die Temperatur des kalten Quecksilbers gebracht ist. Erst jetzt wird der Stöpsel s_2 entfernt und, da auch der obere Teil von *b* bei der vorhergegangenen hohen Temperatur des Raumes *R* durch Leitung eine geringe Temperaturerhöhung erfahren haben wird, nach Senken der Eisenschale *EE* noch der Raum zwischen s_1 und s_2 mit kaltem Quecksilber ausgespült.

Endlich wird auch die Quecksilberschale *EE*, sowie das Thermometer *Th* entfernt; das Fläschchen *f* wird in seiner Fassung in die Mitte des Raumes *R* gerade über das Barometerrohr *b* gebracht und nun, immer unter Quecksilber, mittels des Stöpsels s_1 das Fläschchen so tief in das Rohr *b* hinabgedrückt, bis der Stöpsel s_1 in seinem Schliff festsitzt. Der weitere Gang der Versuche ist dann genau der gleiche, wie bei den vorstehend skizzierten Versuchen bei Zimmertemperatur. Aus den Angaben des Thermometers *Th* sowie einer nach-

träglichen Temperaturmessung im oberen Teile des Barometerrohrs *b* ergeben sich alle Daten zur Reduktion der Versuche. Auch bei diesen Versuchen bei höheren Temperaturen sind eine Reihe von Einzelheiten zu beachten, die der Verf. näher beschreibt.

Als Beispiel führt Verf. die Bestimmung der Dichte des rhombischen Schwefels an, für welche er bei 21,4° im Mittel 2,091 fand, welchem Werte Bestimmungen von Pisati bei 0° zu 2,0748 und von Deville zu 2,070 bei mittlerer Temperatur gegenüberstehen. Der vom Verf. gefundene Wert ist um 1% größer, wie sich überhaupt mit dem Volumometer in der Regel eine der Wahrheit mehr entsprechende größere Dichte ergeben muß, als nach anderen Methoden, weil infolge von Sprüngen und Rissen, überhaupt Poren aller Art die meisten Substanzen Luft oder Flüssigkeiten eingeschlossen halten, welche im Vakuum austreten.

Bei 103° fand Verf. für den monoklinen Schwefel die Dichte 1,915. Durch Reduktion dieses Wertes mit Ausdehnungskoeffizienten nach Kopp oder Spring ergibt sich für 20° die Dichte bezw. zu 1,965 oder 1,935, denen nach den Landolt-Börnsteinschen Tabellen ein Wert 1,958 entspricht. In Anbetracht der geringen verwendeten Substanzmenge wird die Übereinstimmung als eine recht gute bezeichnet. *Schl.*

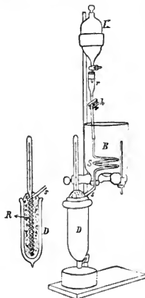
Methode zur Bestimmung des Gefrierpunkts einer Lösung bei konstanter Temperatur.

Von K. Prytz. *Ann. d. Physik* **7.** *S. 882. 1902.*

Gefriertemperaturen von Lösungen als konstant verbleibende Temperaturen.

Von Demselben. *Zeitschr. f. phys. Chem.* **47.** *S. 729. 1904.*

In beiden Arbeiten, die den gleichen Gegenstand behandeln, wird eine neue Methode zur Messung der Gefrierpunktserniedrigung von Lösungen gegeben, die zugleich dazu dienen soll, Fixpunkte unterhalb 0° zur Gradwertbestimmung Beckmannscher Thermometer zu liefern. Der gewöhnlichen Methode der Gefrierpunktserniedrigung haftet der Fehler an, daß man nicht den wahren Gefrierpunkt mißt, sondern eine Temperatur, die einen Gleichgewichtszustand zwischen der durch Eisbildung und Rühren entwickelten Wärme einerseits und der nach dem Kältebade erfolgenden Wärmeableitung andererseits darstellt. Das neue Verfahren vermeidet diesen Fehler, indem trockenes Eis von 0° und die bereits nahe auf den Gefrierpunkt abgekühlte Lösung in Berührung gebracht werden und zwar so, daß die Lösung beim Durchströmen des Eises von dem letzteren solange kleiner werdende Mengen zum Schmelzen bringt, bis der Gefrierpunkt von oben her erreicht wird. Die Ausführung der Methode gestaltet sich folgendermaßen. Aus dem Reservoir *K* (s. die Figur), das etwa 80 *ccm* der zu untersuchenden Lösung faßt, fließt diese anfangs in raschen Tropfen, und sobald man sich dem Gleichgewicht nähert, mit etwa 30 Tropfen pro Minute durch ein Schlangenrohr *S* mit vielen Windungen, das in dem Gefäße *B* von einer Mischung von Eis und Chlornatriumlösung umgeben ist. Die Konzentration dieser Lösung wählt man so, daß sie einen dem zu erwartenden nahe gleichen Gefrierpunkt besitzt. Von hier gelangt die Lösung in das Dewarsche Gefäß *D* von 600 *ccm* Inhalt, in dem sie zunächst ein enges Spiralrohr *R* durchströmt, um sodann in dem darum gestopften, fein geschabten Eise bis zum Rande des Gefäßes aufzusteigen, über den sie in eine darunter stehende Schale abfließt. In die Spirale hineingesetzt wird ein Beckmannsches Thermometer, dessen unteres Ende etwa mit dem Spiralende abschneidet. Nach etwa 15 Minuten erreicht das Thermometer den Gefrierpunkt, auf dem es sich sehr



lange hält, da von nun an nennenswerte Mengen Eis in dem Dewarschen Gefäße nicht mehr geschmolzen werden. Daß man es wirklich mit dem Gefrierpunkt und nicht mit irgend einer anderen stationären Erscheinung zu tun hat, beweisen eigens dazu angestellte Versuche. Ein Wärmeaustausch mit der Umgebung kommt nicht in Frage, da eine Wärmeströmung von oben her durch die aufsteigende Lösung kompensiert wird, während die Undurchlässigkeit der Wände dadurch erwiesen wird, daß Eintauchen des Dewarschen Gefäßes in ein Kältebad von -9° den Stand des Thermometers nicht beeinflußte. Variation der Strömungsgeschwindigkeit der Flüssigkeit innerhalb weiter Grenzen ist gleichfalls ohne Einfluß, ebenso wie unvollständige Vorkühlung, was nicht der Fall wäre, wenn es sich um ein dynamisches Gleichgewicht handelte. Interessant ist das Resultat eines Versuches über die Wärmedurchlässigkeit der Wände eines Dewarschen Gefäßes, wobei für 1° Temperaturdifferenz $6 \cdot 10^{-5}$ Gramm-Kal. pro Minute und Quadratzentimeter gefunden wurde. *v. St.*

Über eine neue Methode zur Messung der Dicke und des Brechungsindex von Planparallelplatten.

Von J. Macé de Lépinay und H. Buisson. *Ann. d. chim. et de phys.* **2.** *S. 78. 1904.*

Macé de Lépinays Methode, Dicken durch Interferenzbeobachtungen zu messen, die er z. B. 1887 benutzt hat, um die Masse eines Kubikdezimeter Wasser von 4° C. in Kilogramm möglichst genau zu bestimmen, beruhte auf der Erzeugung Talbotscher Streifen. Zwischen Kollimator K_1 und Fernrohr F (Fig. 1) wurde die Planparallelplatte L gebracht,



Fig. 1.

deren Dicke zu messen war; die eine Hälfte des Strahlenbüschels ging senkrecht durch die Platte, die andere daran vorbei; die Dicke der Platte ist dann der Ordnungszahl der entstehenden Interferenzen proportional. Der Kondensor K_2 beleuchtet den Spalt S, der im Brennpunkte des Kollimatorobjektivs K_1 steht; E ist eine quadratische Blende von 6 *mm* Seite. Die Hälfte der Blende wird durch das Objekt, die planparallele Platte L, bedeckt. In dem „ziemlich starken" Fernrohr F werden die Talbotschen Streifen beobachtet.

Der Proportionalitätsfaktor enthält außer der Wellenlänge die Brechungsindizes der Platte und der Luft für die benutzte Farbe; dadurch ist der Genauigkeit der Methode eine Grenze gesetzt. Die *neue Methode* der Verf. verlangt nun die Kenntnis des Brechungsindex nicht, sie beruht auf der Kombination der Talbotschen Streifen und der Haidingerschen Ringe (Fig. 2) und liefert die Dicke und nach einem allerdings nicht gerade kurzen Rechenverfahren auch einen äußerst genauen Wert des Brechungsindex. Das als Kondensor dienende Objektiv K_2 entwirft ein Bild der Lichtquelle im Objekt L. Der unter 45° schräg gegen die einfallenden Strahlen gestellte Planparallelspiegel M wirft einen Teil der an der Vorder- und an der Rückfläche von L reflektierten Strahlenbüschel in das schwache Fernrohr F, in dem man die Haidingerschen Ringe beobachtet. Will man mit durchfallendem, statt reflektiertem Lichte arbeiten, so läßt man den Spiegel M fort und stellt das Fernrohr in die Verlängerung des Strahlenkegels $K_2 L$; die Interferenz erzeugenden Flächen von L müssen in diesem Falle schwach versilbert sein.

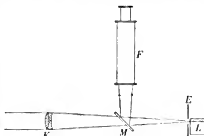


Fig. 2.

Zur Erzeugung der beiden Interferenzerscheinungen kann ein und derselbe Teil einer Planparallelplatte verwendet werden; Schwankungen des Brechungsindex oder der Dicke innerhalb einer Platte beeinflussen also die Genauigkeit der Ergebnisse nicht.

Die Ordnungszahl der Haidingerschen Ringe ist ebenfalls der Plattendicke proportional; der Brechungsindex N der Platte wird aus dieser und der oben erwähnten Gleichung eliminiert, und man erhält eine von N freie lineare Bestimmungsgleichung für die Plattendicke.

Die Ordnungszahlen sind keine ganzen, sondern gemischte Zahlen; die Ermittelung der ganzen Zahl erfolgt getrennt von derjenigen der „überschießenden Bruchteile“, nach einer ebenfalls von Macé de Lépinay angegebenen Methode, und erfordert drei unabhängige Beobachtungsreihen mit drei sehr streng monochromatischen Lichtarten bekannter Wellenlänge. Die ausführlichen Angaben über die Justierung der Versuchsanordnung, die erkennen lassen, daß die nicht einfache Methode sehr sorgfältig durchgearbeitet worden ist, können hier nur erwähnt werden.

Auf Grund zahlreicher Messungen glauben die Verf., daß sie die Dicke planparalleler Platten bis auf $\pm 0{,}00001$ *mm* genau bestimmen können; natürlich muß während der Messung eine konstante Temperatur eingehalten werden. Diese ganz erhebliche Genauigkeit gestattet die Bestimmung des Ausdehnungs-Koeffizienten schon bei sehr geringem Unterschiede der Anfangs- und Endtemperatur. Die für den mittleren Ausdehnungs-Koeffizienten des Quarzes zwischen 13° und 19° erhaltene Zahl stimmt mit Benoîts Wert bis auf 1% überein.

Die Bestimmung des Brechungsindex setzt die Kenntnis des genauen Wertes der Dicke und des spektrometrisch oder refraktometrisch ermittelten Brechungsindex, der als Näherungswert benutzt wird, voraus.

Ist der „Näherungswert“ z. B. auf einem Spektrometer bis auf eine Einheit der fünften Dezimale genau bestimmt, so erlaubt die neue Methode, dem wahren Werte bis auf ± 2 Einheiten der sechsten Dezimale nahe zu kommen; die Unsicherheit des Wertes des Brechungsindex wird also auf den fünften Teil der früheren vermindert. Dieser neue, genauere Wert kann nun einer zweiten Bestimmung als Näherungswert zugrunde gelegt werden, erlaubt die Verwendung einer dickeren Planparallelplatte und hat eine weitere Steigerung der Genauigkeit zur Folge. So ist es den Verf. gelungen, die Brechungsindizes einer Quarzplatte von etwa 36 *mm* Dicke für den ordentlichen Strahl bei 15° C. mit dem spektral zerlegten Lichte einer Michelsonschen Cd-Röhre zu bestimmen zu

$$N_1 = 1{,}5427146 \quad \text{für } \lambda_1 = 644\ \mu\mu \text{ (rot)}$$
$$N_2 = 1{,}5486641 \quad \lambda_2 = 509\ \text{„ (grün)}$$
$$N_3 = 1{,}5505542 \quad \lambda_3 = 480\ \text{„ (blau)}$$

mit einer Unsicherheit von nur zwei Einheiten der siebenten Dezimale. *Lö.*

Die Verwendung des Keilkompensators von Arago zur Messung der Brechungsexponenten von Flüssigkeiten.

Von J. Wallot. *Ann. d. Physik* **11.** *S. 355. 1903.*

In den Weg des einen der zwischen den Platten eines Jaminschen Interferentialrefraktors verlaufenden Strahlenbündel wird der Doppelkeil von Arago gebracht, in den Weg des anderen eine planparallele Platte aus dem gleichen Material, deren Dicke gleich derjenigen beider Keile ist, wenn diese einander überdecken. Der Kompensator (Doppelkeil und Platte) werde nun von oben in einen mit zwei Spiegelglaswänden versehenen Trog gesenkt, welcher die Versuchsflüssigkeit mit dem Brechungsexponenten n enthält. Verschiebt man dann den einen der beiden Keile, wie es die einen Vertikalschnitt darstellende Figur zeigt, mitteis einer Mikrometerschraube um die Strecke e, so findet das Strahlenbündel, welches die beiden Keile senkrecht zu ihren äußeren Begrenzungsflächen durchsetzt, in einer sich stetig vorlagernden Schicht von der Dicke d nicht mehr die Flüssigkeit, sondern das Keilmaterial vom Brechungsexponenten N vor. Die im Refraktorfernrohr vorüberwandernde Streifenzahl s wird daher durch



$$\lambda s = d(N - n)$$

gegshen, wo λ die Wellenlänge des benutzten Lichtes in dem Medium ist, auf das die Brechungsexponenten bezogen werden, oder, wenn man e und den Keilwinkel φ (etwa 5°) einführt, durch

$$\lambda s = e \sin \varphi (N - n).$$

Kennt man also λ, φ und N und mißt s und e, so läßt sich n bestimmen. Allerdings ist wegen vieler, aus der tatsächlichen Versuchsanordnung herrührender Korrektionsgrößen die Beziehung, nach welcher n berechnet werden muß, eine viel verwickeltere, worauf hier aber nicht näher eingegangen werden kann. Wesentlich einfacher gestaltet sich die Berechnung, wenn man eine Eichflüssigkeit mit bekanntem Brechungsexponenten n_1 (Wasser) zu Hülfe nimmt. Der Quotient s/e sei für die Versuchsflüssigkeit gleich q, für die Eichflüssigkeit gleich q_1, wobei die Einstellung beim Eich- und Hauptversuch dieselbe sei. Berechnet man alsdann n nach der aus der letzten Beziehung leicht zu folgernden Gleichung

$$n = \frac{q n_1 - (q - q_1) N}{q_1},$$

so lehrt die Theorie des Apparats, daß sich die Versuchsanordnung so einrichten läßt, daß die einseitigen Fehler im Resultat des so berechneten n unter einer Einheit der fünften Dezimale bleiben.

Auch N bestimmt der Verf. durch eine besondere Eichung mit den beiden Eichflüssigkeiten (Wasser, 25 %-ige Kochsalzlösung) n_1 und n_2. Zu n_2 gehöre q_2. Dann ist

$$N = \frac{q_1 n_2 - q_2 n_1}{q_1 - q_2}$$

gleichfalls mit einer theoretischen Genauigkeit von einer Einheit der fünften Dezimale.

Die Einzelheiten des Apparats brauchen hier nicht näher beschrieben zu werden, weil der Verf. nur einen provisorisch zusammengestellten Apparat benutzt hat. So betrug z. B. die Gesamtverschiebung e nur 1 *cm*. Bei einer vollständigen Neuausführung des Apparats könnten demgemäß viele Verbesserungen angebracht werden.

Was nun die mit dem Kompensator erreichbare Genauigkeit betrifft, so ist zunächst zu bemerken, daß es dem Verf. nie gelungen ist, vollständig ruhig stehende Interferenzstreifen zu erhalten. Die dadurch veranlaßten Fehler wurden durch Häufung der Versuche verringert. Gemessen wurde nur der Brechungsexponent einer 15 %-igen Kochsalzlösung für Natriumlicht. Der Verf. entnimmt die Werte für n_1 bezw. n_2 den Beobachtungen von Walter bezw. Schütt und vergleicht sein für die 15 %-ige Kochsalzlösung erhaltenes Resultat mit demjenigen von Schütt. Hierbei wäre wohl ein Hinweis auf die optischen Schwerpunkte λ des von den drei Beobachtern benutzten Natriumlichtes notwendig gewesen. Die Differenz zwischen den Resultaten von Schütt und dem Verf. beträgt etwa vier Einheiten der fünften Dezimale. Aus der Gleichung für n ergibt sich noch, daß man mit dem Kompensator keine größere Genauigkeit erreichen kann, als diejenige, mit der die Brechungsexponenten der Eichflüssigkeiten bekannt sind.

Bei geeignet gewählter Versuchsanordnung lassen sich auch Messungen mit sehr wenig Flüssigkeit ausführen.

Der Verf. hat zu erwähnen vergessen, daß an Stelle der einen Eichflüssigkeit einfach die Luft zum Eichen des Kompensators genommen werden kann. *Schck.*

Bestimmung des elektrochemischen Äquivalents des Silbers.

Von G. van Dijk und J. Kunst. *Ann. d. Physik* **14.** *S. 569. 1904*;
G. van Dijk. *Arch. Neerland.* **9.** *S. 442. 1905.*

Zur absoluten Messung der Stromstärke diente bei den vorliegenden Untersuchungen die Tangentenbussole, da die Verf. in einem ruhigen, eisenfreien Laboratorium in Groningen, bei dem auch Störungen durch vagabundierende Ströme nicht zu befürchten waren, arbeiten konnten. Für den Gebrauch des Silbervoltameters wurden die Bedingungen eingehalten, die in den Bestimmungen zur Ausführung des deutschen Gesetzes betr. die elektrischen Maßeinheiten für die Abscheidung des Silbers bei der Darstellung des Ampere festgesetzt sind (vgl. *diese Zeitschr.* **21.** *S. 180. 1901*). Die Bestimmung der Horizontalintensität des Erd-

magnetismus wurde mit einem absoluten Kohlrauschschen Bifilarmagnetometer vorgenommen, das an einem hohen hölzernen Dreifuß aufgehängt war; nördlich und südlich desselben waren in einer Entfernung von 90 *cm* die Tangentenbussolen auf Säulen aufgestellt, die von Steinplatten getragen wurden. Die Magnetometer der Bussolen hatten ungefähr die Dimensionen der Kohlrauschschen elfenbeinernen Magnetometer; zur besseren Vermeidung des lokalen Einflusses war aber das Gehäuse für den mit Spiegel versehenen Magneten aus einem vertikalen hölzernen Zylinder von 4 *cm* Durchmesser gebildet, in dessen vorderer Wand ein Deckglas eingekittet war. Der Spiegelträger besaß einen Dämpferflügel aus Glimmer, der sich in einem engen Spalt bewegte. Die beiden Bussolen waren insofern etwas verschieden gebaut, als die eine aus einem abgedrehten, von einem hölzernen Dreieck getragenen Kupferstreifen von 8,4 × 3,6 *mm* bestand, während bei der anderen der Stromring aus einem 0,59 *mm* dicken Kupferdraht gebildet wurde, der in einer flachen Rinne einer abgedrehten, 1,5 *cm* dicken Marmorscheibe eingelagert war; der Durchmesser der Stromringe betrug etwa 40 *cm*.

Das Verhältnis der Horizontalintensitäten an den verschiedenen Orten, die in Betracht kamen, wurde mittels des Kohlrauschschen Vierstabvariometers gemessen. Zur genauen Bestimmung von $H \times M$ (Feldstärke × magnetisches Moment des Bifilarmagnets) mußte der etwa 12,4 *cm* betragende Fadenabstand, die Fadenlänge (etwa 232 *cm*) und das Gewicht des Bifilarmagnetometers mit großer Präzision ermittelt werden. Der Polabstand des etwa 16 *cm* langen Magnets wurde durch Ablenkung in der zweiten Hauptlage aus zwei symmetrischen Stellungen im Mittel zu 13,38 *cm* ermittelt.

Der von 3 bezw. 5 Akkumulatoren gelieferte Strom betrug 0,3 bis 0,45 Amp., das Gewicht des Silberniederschlages durchschnittlich 1 *g*. Die Niederschläge in den beiden im Stromkreis befindlichen Voltametern stimmten meist auf 0,1 *mg* überein, nur einmal fand sich eine Abweichung von 0,23 *mg*.

In der zweiten ausführlicheren Mitteilung wird auch über Versuche mit verschieden angeordneten Silbervoltametern berichtet, in ähnlicher Weise, wie sie vorher von Richards, Collins und Heimrod (*Proc. Amer. Acad.* **35.** *S. 123. 1899 und* **37.** *S. 415. 1902*; vgl. auch *diese Zeitschr.* **20.** *S. 278. 1900*) und etwas später von Guthe (*Phys. Rev.* **19.** *S. 138. 1904*) angestellt worden sind. Der Verf. findet nicht so erhebliche Unterschiede zwischen den verschiedenen Voltameterformen, wie Richards und seine Mitarbeiter, sie betragen bei ihm nur wenige Bruchteile eines Promille. Nach Angaben der verschiedenen Beobachter scheint aber das eine festzustehen, daß man mit Voltametern, bei denen die Anodenflüssigkeit (z. B. durch eine poröse Membran) verhindert wird, zur Kathode zu gelangen, etwas *kleinere* Silberniederschläge erhält, als mit den anderen Voltametern. Aus seinen Versuchen leitet Verf. noch eine kleine Korrektion für das Resultat seiner Messungen ab.

Bemerkenswert ist auch, daß Verf. die mehrfach bestrittene Angabe von Kahle bestätigt, daß Silber in warmem Wasser in geringem Maße löslich ist. Er findet beim Behandeln des Niederschlages mit Wasser von 80° C. eine stündliche Löslichkeit von etwa 0,1 *mg*.

Als Mittelwert ergab sich aus 24 Versuchen für die von 1 Ampere in der Sekunde ausgeschiedene Silbermenge mit der einen Tangentenbussole 1,11821 *mg*, mit der anderen 1,11826 *mg*, im Mittel also *1,11823 mg* und korrigiert 1,1180 *mg*. Die Genauigkeit dieser Zahl wird von den Verf. zu $^1/_{10000}$ angegeben. In der folgenden Tabelle ist dieser Wert mit den Resultaten anderer Beobachter zusammengestellt:

1884	Mascart	1,1156
1884	F. und W. Kohlrausch	83
1884	Lord Rayleigh und Mrs. Sidgwick	79
1890	Pellat und Potier	92
1898	Kahle	83
1898	Patterson und Guthe	92
1903	Pellat und Leduc	95
1904	van Dijk und Kunst	80.

W. J.

Neu erschienene Bücher.

O. D. Chwolson, Lehrbuch der Physik. 1. Bd. Einleitg. Mechanik. Einige Meßinstrumente u. Meßmethoden. Die Lehre v. den Gasen, Flüssigkeiten u. festen Körpern. Übers. v. Oberlehrer H. Pflaum. gr. 8°. XX, 792 S. m. 412 Abbildgn. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1902. 12,00 M.

Nach dem vorliegenden ersten Bande zu urteilen, dem der zweite in deutscher Übersetzung bereits gefolgt ist, scheint das Chwolsonsche Lehrbuch in der Tat endlich einmal ein Physikwerk größeren Stils zu sein, welches sich auf modernen Boden stellt, modern in dem Sinn, daß es mit vielen alten Formen, in welche die heutige Physik wie in ein zu eng gewordenes Gewand nicht mehr recht passen will, bricht und sie durch neue geeignetere ersetzt, was sich sowohl in der Anordnung wie in der Behandlung des Stoffes ausspricht. Wenn man auch in dieser Beziehung sich vielleicht nicht mit allem einverstanden erklären kann, so macht doch das Buch dafür im ganzen einen recht frischen Eindruck und liest sich auch in der deutschen Übersetzung gut; das fremde Idiom tritt wohl kaum irgendwo störend zu Tage. Nur wenige Stellen erinnern an den russischen Ursprung, wie z. B. die Angabe der Schwerekonstante für Petersburg u. a.

Den empfehlenden Begleitworten, welche Eilh. Wiedemann der deutschen Übersetzung des Buches beigefügt hat, kann man nur voll beistimmen.

Interessant ist schon die erste Einleitung in die Physik, in welcher mit Recht philosophische und physiologische Gesichtspunkte aus der Erkenntnistheorie und der Lehre der Sinnesorgane an die Spitze gestellt werden. Der Verf. geht aus von den zwei Welten, der inneren und der äußeren, zwischen denen die Sinne des Menschen vermitteln. Jeder Physiker muß sich mit der Natur der Sinne vertraut machen, wenn er nicht gelegentlich sich Täuschungen aussetzen will, wie es z. B. so leicht auf dem Gebiet der Optik geschehen kann. Eine Physik ohne philosophische und physiologische Kenntnisse ist ebenso einseitig, wie eine Physik, welche die chemischen Eigenschaften der Materie vollkommen als Nebensache betrachten wollte. Eine wichtige Rolle spielt ferner in der Physik die Hypothese, welche Verf. ebenfalls in zutreffender Weise näher betrachtet. Hierzu gehört z. B. auch der teilweise etwas mysteriöse Äther; darin möchte Ref. allerdings nicht allen Ausführungen des Verf. beipflichten.

Schwierig ist die Einteilung der Physik, da die einzelnen Gebiete sehr ineinander übergreifen; Verf. widmet dieser Frage einen besonderen Paragraphen. Die immer mehr sich verringernde Möglichkeit einer strengen Sonderung der Zweige schiebt er wohl mit Recht auf die stetig fortschreitende Entwicklung der Physik, bei der immer neue gesetzmäßige Beziehungen zwischen den verschiedensten Gebieten entdeckt werden, die früher gesonderten Abschnitten angehörten (z. B. Elektrizität und Optik). Auch die Einteilung in experimentelle und theoretische Physik will er nicht gelten lassen; Experimente ohne Theorie führen oft zu planlosem Probieren, aber schlimmer noch ist es, wenn die theoretische Physik, die oft als das höher Stehende aufgefaßt wird, sich vom realen Boden entfernt. „Umfangreiche theoretische Untersuchungen vieler Gelehrten“, sagt Chwolson, „haben jeglichen Wert für die Wissenschaft verloren, sind vor einem unerbittlichen durch das Experiment entdeckten Faktum zusammengebrochen ...“ Ebensowenig findet seinen Beifall die Einteilung in Physik der Materie und Physik des Äthers: „Die Physik ist ein einheitliches Ganze, sie ist eben die Physik der Materie *und* des Äthers“. Auch darin kann man ihm wohl beistimmen.

In dem Chwolsonschen Werk wird die Physik in Abschnitte eingeteilt, welche von der Bewegung (Mechanik), den Molekularkräften, dem Schalle (Akustik), der strahlenden Energie, der Wärme, dem Magnetismus und der Elektrizität handeln; wo es erforderlich scheint, wird darauf hingewiesen, daß es eine scharfe Grenze zwischen diesen Abschnitten nicht gibt.

In der Einleitung werden noch die absoluten Einheiten betrachtet, bei denen Verf. einen Unterschied zwischen *physikalischen* Einheiten (Dyn, Erg u. s. w.) und den *französischen*

Einheiten (Gramm, Liter u. s. w.) macht. Weitere Betrachtungen sind allgemeinen physikalischen Begriffen, wie der Temperatur, der Dichte, dem Druck, den Aggregatzuständen u. s. w., gewidmet, woran sich schließlich noch mathematische Erörterungen, z. B. über Vektoren, und ein Literatur-Verzeichnis anreihen.

Der 1. Band enthält die *Mechanik*, worunter aber z. B. auch die später für die Optik und andere Gebiete notwendigen Lehren über harmonische Schwingungen, sowie die strahlende Ausbreitung von Schwingungen, die Potentialtheorie und die Dimensionen der physikalischen Größen in besonderen Kapiteln eingehend erörtert werden. An die Mechanik reiht sich ein Abschnitt über *Meßapparate und Meßmethoden*, in welchem auch die Methode der kleinsten Quadrate Platz findet. Weiter werden in diesem Abschnitt Längen- und Kreisteilmaschinen behandelt, ferner Apparate zur Messung von Flächen, Winkeln, Volumen, Kraft und Masse (Wage, Gewichtssatz), Zeit (Uhr, Pendel, Chronograph), Schwerkraft (Fallmaschine, Reversionspendel u. s. w.), sowie Anordnungen zur Bestimmung der mittleren Erddichte.

Die folgenden drei Abschnitte enthalten *die Lehre von den Gasen, den flüssigen Körpern* und *den festen Körpern*; diese Abschnitte unterscheiden sich weniger von der gebräuchlichen Behandlungsweise.

Figuren und Ausstattung des Buches entsprechen den sonstigen rühmlich bekannten Leistungen des Verlags. Es scheint, daß Verf. überall bestrebt war, das Neuste auf jedem einzelnen Gebiet zu berücksichtigen und allen Fortschritten Rechnung zu tragen, wobei aber eine einseitige Bevorzugung der Leistungen bestimmter Länder vermieden ist.

Daß nach den vorstehenden Ausführungen das Buch nur auf das beste empfohlen werden kann, braucht nicht besonders hervorgehoben zu werden. *W. J.*

A. H. Bucherer, Mathematische Einführung in die Elektronentheorie. gr. 8°. IV, 148 S. m. 14 Fig. Leipzig, B. G. Teubner 1904. Geb. in Leinw. 3,20 M.

I. Fisher, Kurze Einleitung in die Differential- u. Integralrechnung („Infinitesimalrechnung"). Aus der durch mehrere Verbessergn. des Verf. vervollständigten 3. engl. Ausg. übers. v. N. Pinkus. gr. 8°. VI, 72 S. m. 11 Fig. Leipzig, B. G. Teubner 1904. Geb. in Leinw. 1,80 M.

O. Schlömilch, Übungsbuch zum Studium der höheren Analysis. 1. Tl.: Aufgaben aus der Differentialrechnung. 5. Aufl. Bearb. v. Prof. Dr. E. Naetsch. gr. 8°. VIII, 372 S. m. 85 Fig. Leipzig, B. G. Teubner 1904. Geb. in Leinw. 8,00 M.

H. Mason, *Textbook of Static Electricity.* 8°. VI, 155 S. m. Fig. New York 1904. Geb. in Leinw. 10,00 M.

Zeitschrift, Elektrotechnische. Generalregister 1890—1902. Hrsg. v. elektrotechn. Verein. Bearbeitet v. G. Reichardt. gr. 8°. IV, 277 S. Berlin, J. Springer 1904. 4,00 M.

C. R. Underhill, *The Electromagnet.* 8°. XII, 159 S. m. Illustr. New York 1904. Geb. in Leinw. 7,50 M.

S. Curie, *Radio-active Substances.* 2. Ausg. 8°. 94 S. m. Fig. New York 1904. 5,00 M.

S. Stampfer, Sechsstellige logarithmisch-trigonometrische Tafeln, nebst Hülfstafeln, e. Anh. u. e. Anweisg. zum Gebrauche der Tafeln. Neu bearb. v. Prof. E. Doležal. 20. Aufl. Ausg. f. Praktiker. gr. 8°. XXXV, 339 S. Wien, C. Gerolds Sohn 1904. Geb. in Leinw. 7,00 M.

J. H. Poynting u. J. J. Thomson, *Textbook of Physics: Sound.* 3. rev. Ausg. gr. 8°. 176 S. m. Fig. London 1904. Geb. in Leinw. 8,80 M.

Notiz.

Auf *S. 48* des laufenden Jahrgangs lies Reeves statt Reaves.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. H. **Landolt**, Vorsitzender, Prof. Dr. A. **Westphal**, geschäftsführendes Mitglied, Dr. H. **Krüss**.

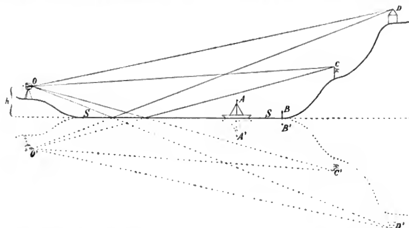
Redaktion: Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XXV. Jahrgang. **April 1905.** Viertes Heft.

Über die stereoskopische Betrachtung eines Gegenstandes und seines Spiegelbildes.

Von
Dr. **C. Pulfrich** in Jena.
(Mitteilung aus der optischen Werkstätte von Carl Zeiss.)

Landschaften mit einem ruhigen Wasserspiegel davor sind ein beliebtes Thema für Photographen und Maler. Ich möchte im folgenden darauf aufmerksam machen, daß man sich bei der Betrachtung solcher Bilder sowohl, als auch im direkten Anblick der Natur — allein unter Anwendung eines Reflexionsprismas — einen stereoskopischen Effekt verschaffen kann, wie man ihn sonst nur durch Benutzung eines



Doppelfernrohres mit erweitertem Objektivabstand oder durch zwei Aufnahmen an den Enden einer mehrere Meter langen Standlinie gewinnt. In der Tat ist eine solche Vorlage nichts anderes, als eine Stereo-Aufnahme mit einer mehr oder weniger großen Standlinie. Die Standlinie wird gebildet durch den Abstand des photographischen Objektives (O in der Figur) von seinem Spiegelbilde O' im Wasser, mit anderen Worten durch $2h$, unter h die Höhe des Punktes O über dem Wasserspiegel SS verstanden. Denken wir uns nämlich das Wasser entfernt und den photographischen Apparat in O' aufgestellt, so ist sofort klar, daß das in O' erhaltene Landschaftsbild dem in O erhaltenen Spiegelbilde bis auf die einseitige, vertikal gerichtete Bildumkehrung vollkommen gleichwertig ist. Wir brauchen also nur diese Bildumkehrung in geeigneter

Weise wieder aufzuheben und haben dann genau die gleichen Verhältnisse wie bei einer gewöhnlichen Stereo-Aufnahme mit der Standlinie 2 *h*, nur mit dem Unterschiede, daß im vorliegenden Falle die Standlinie vertikal steht, während sie für gewöhnlich horizontal gelegen ist.

Die für die stereoskopische Betrachtung erforderliche Umkehrung des Spiegelbildes kann in verschiedener Weise bewerkstelligt werden. In der freien Natur hält man zu diesem Zwecke den Kopf so weit nach links oder rechts geneigt, daß die beiden Augen senkrecht über einander stehen, bringt vor dasjenige Auge, welches auf der Seite der Wasseroberfläche sich befindet, ein Reflexionsprisma und hält es so, daß seine spiegelnde Fläche der Wasseroberfläche parallel gerichtet ist. Wer das Prisma in freier Hand nicht genügend ruhig halten kann, was im allgemeinen keine Schwierigkeiten macht, legt es mit der spiegelnden Fläche auf eine horizontale, feste Unterlage und hat alsdann in der oben angegebenen Haltung des Kopfes — die Drehung des Prismas auf der Unterlage hat auf die Lage des Reflexbildes keinen Einfluß — sofort den oben bezeichneten stereoskopischen Effekt.

Der stereoskopische Effekt selbst ist höchst eigenartig. Denn die durch das Prisma bewirkte Bildumkehrung erstreckt sich nicht nur auf das Spiegelbild im Wasser, sondern auch auf die direkt durch die Luft gesehene Landschaft selbst. Demzufolge erscheint sowohl die Landschaft über Wasser als auch ihr Bild im Wasser in der gleichen Tiefenfolge wie ein in Bezug auf die Wasseroberfläche nach oben und unten vollkommen symmetrisch gebauter Körper. Die Wasseroberfläche verschwindet für die Raumvorstellung, und die etwa auf bezw. über ihr befindlichen Gegenstände, wie Nachen, überhängende Bäume u. s. w., erscheinen als symmetrisch gebaute Körper freischwebend in der Luft vor der dahinter liegenden Landschaft.

Bei Bildern ist das Verfahren im wesentlichen das gleiche. Doch kann man hier, anstatt den Kopf zu neigen, das Bild nach links oder rechts umlegen und die stereoskopische Betrachtung in aufrechter Haltung des Kopfes vornehmen, wobei dann das Prisma immer vor dasjenige Auge zu bringen ist, das sich auf der Seite der Wasseroberfläche befindet[1]).

Hierbei ist noch etwas anderes von Bedeutung. In der Photographie ist das Spiegelbild der Landschaft ohne weiteres richtig wiedergegeben. Bei der Anfertigung eines Gemäldes oder einer Zeichnung hingegen bleibt, wenn keine Photographie als Unterlage benutzt wird, alles dem Augenmaß und der Geschicklichkeit des Zeichners überlassen. Abweichungen von der richtigen Lage und Gestalt des Spiegelbildes müssen sich aber bei der stereoskopischen Betrachtung des Bildes sofort durch eine unnatürliche Tiefenfolge der einzelnen Objekte bezw. durch Glanzerscheinungen bemerkbar machen. Auf diese Weise ist es mir möglich gewesen, an einem in der „Kunst unserer Zeit“ reproduzierten Gemälde mit Wasserspiegelung Fehler der vorbezeichneten Art aufzudecken, die auf anderem Wege kaum erkannt worden wären.

Bei Photographien gibt es übrigens noch ein anderes Mittel zur Erreichung des gewünschten stereoskopischen Effektes. Man kann nämlich statt des einen Bildes auch deren zwei — identische Abdrücke der photographischen Platte — benutzen und die Bildumkehrung des einen Abdruckes entweder durch Spiegelung wie oben oder durch Umwenden des Abdruckes bewerkstelligen, wobei nur erforderlich ist, daß die Abdrücke transparent sind.

[1]) Ein Bild, an dem sich der stereoskopische Effekt in großer Deutlichkeit beobachten läßt, ist die in der *Illustr. Ztg. Nr. 3189 vom 11. August 1904. S. 213* reproduzierte Photographie „Die Friedenskirche“, aufgenommen von Selle & Kuntze in Potsdam.

In dieser zuletzt erwähnten Anordnung ist zugleich der Weg gewiesen, wie sich auf Grund einer einzigen Aufnahme mit Wasserspiegelung *stereophotogrammetrische Messungen* mit Hülfe des Stereo-Komparators ausführen lassen. Das Verfahren dürfte in einzelnen speziellen Fällen, z. B. für die Ausmessung eines von hohen Felswänden eingeschlossenen stillen Sees, nicht ohne praktische Bedeutung sein[1]). Es ist jedenfalls beachtenswert, daß man in diesem Falle von einem einzigen Standort aus nach verschiedenen Richtungen stereo-photogrammetrische Aufnahmen machen kann, die jedesmal der bekannten Forderung, daß die Platten in einer Ebene liegen, genügen.

Auch für die stereophotogrammetrische Vermessung naher Objekte scheint das vorliegende Verfahren, in entsprechender Weise modifiziert — Anwendung eines der optischen Achse des Objektives parallel gestellten Glas- oder Wasserspiegels — vielleicht einiger Beachtung wert. Einen nicht zu unterschätzenden Vorteil erblicke ich darin, daß man mit einer Kamera auskommt, und daß man mit einer den Versuchsbedingungen anpaßbaren Standlinie Momentaufnahmen machen kann. Die Größe der Standlinie wird hierbei am einfachsten durch Rechnung aus der als bekannt vorausgesetzten Entfernung des auszumessenden Objektes abgeleitet.

In allen vorgenannten Fällen bildet das Spiegelbild des zu untersuchenden Gegenstandes mit diesem zusammen einen in Bezug auf die spiegelnde Fläche vollkommen symmetrisch gebauten Körper (vgl. die Figur), der von zwei ebenfalls symmetrisch zur Spiegelfläche gelegenen Orten (O und O') aus stereoskopisch betrachtet wird. Haben wir es also von vornherein mit einem symmetrischen Körper zu tun, so ist die Spiegelfläche überflüssig, und wir sind dann auf Grund einer einzigen Aufnahme in der Lage, den Körper stereophotogrammetrisch auszumessen, wobei nur vorausgesetzt ist, daß das Objektiv außerhalb der Symmetrieebene aufgestellt und die optische Achse derselben parallel gerichtet ist. Als Standlinie ist hier wie oben der doppelte Abstand der Objektivachse von der Symmetrieebene anzusehen.

Noch eine andere Nutzanwendung verdient hier erwähnt zu werden. Nimmt man nämlich den symmetrischen Körper so auf, daß die optische Achse mit der Symmetrieebene des Körpers zusammenfällt, wobei also die Standlinie für die stereoskopische Betrachtung der beiden Abdrücke gleich Null ist, so müssen die Umrisse des Körpers, sofern eine vollkommene Symmetrie der beiden Hälften vorhanden ist, sämtlich in einer Ebene liegen. Im anderen Falle machen sich die Abweichungen von der Symmetrie durch ein Vor- oder Zurücktreten der betreffenden Teile sofort bemerkbar. Vielleicht ist das Verfahren für die Untersuchung des menschlichen Körpers im jugendlichen Alter zur Feststellung beginnender Rückgratverkrümmung oder dergleichen der praktischen Erprobung wert. In vielen Fällen wird wohl auch schon ein einfaches Übereinanderlegen der beiden Transparentabdrücke zur Erkennung der Abweichungen genügen. In der gleichen Weise wie an Bildern von symmetrischen Körpern lassen sich auch an ebenen symmetrischen Figuren und Zeichnungen mancherlei stereoskopische Effekte durch Unterschiede in den beiden Symmetriehälften hervorrufen, auf die ich aber hier nicht näher eingehen will.

Die Anwendung des Reflexionsprismas in der vorbezeichneten Weise zur stereoskopischen Betrachtung symmetrischer Figuren und Projektionen ist, wie ich nach Abschluß der vorstehenden Überlegungen in Erfahrung gebracht habe, *nicht neu*. Das

[1]) Wie ich nachträglich bemerkt habe, ist schon von Hrn. E. Doležal, Photogrammetrische Lösung des Wolkenproblems aus einem Standpunkte bei Verwendung der Reflexe (*Sitzungsber. d. Wiener Akad.* **111.** *S. 56. 1902*) gezeigt worden, daß man die Reflexbilder von Wolken, welche sich mit den Originalen auf einer Platte befinden, zu Wolkenhöhenmessungen benutzen kann.

Verfahren ist sogar schon mehr als 50 Jahre alt und sowohl von Sir David Brewster[1]) als auch von H. W. Dove[2]), wie es scheint, unabhängig voneinander, in Vorschlag gebracht und zur Konstruktion bestimmter Stereoskop-Apparate verwendet worden. Im einzelnen sei dieserhalb auf die genannten Publikationen verwiesen. Die oben aufgeführten neueren Anwendungen des Verfahrens fehlen in diesen Arbeiten natürlich vollständig.

Jena, im Februar 1905.

Vereinfachte Montierung gröfserer Rowlandscher Gitter (Gitter-Spektrographen).

Von
C. Leifs in Steglitz.
(Mitteilung aus der R. Fueßschen Werkstätte.)

Im Laufe des letzten Jahres liefen bei der Firma R. Fueß mehrere Anfragen bezw. Aufträge nach möglichst einfachen spektrographischen Einrichtungen für größere Rowlandsche Gitter ein. Die bekannte und wohl vollkommenste, von Rowland selbst angegebene Montierungsart seiner Gitter müssen sich viele, selbst gut dotierte Institute ihrer Kostspieligkeit wegen versagen. Eine Einrichtung, wie sie sich vor Jahren u. A. schon Runge und Paschen selbst zusammengestellt und viel benutzt haben, ist wesentlich einfacher und dabei für die meisten Zwecke genügend. Bei dieser Anordnung werden Spalt, Gitter und Kamera auf besonderen festen Fundamenten in einem völlig verdunkelten Raum aufgestellt. Die spektrographische Einrichtung setzt sich also aus den genannten drei Hauptteilen zusammen, deren Anordnung Fig. 1 veranschaulicht. S ist der Spalt, G das Gitter und P die Kamera bezw. die Platte. Wie aus der Figur ersichtlich ist, liegen Spalt, Gitter und Plattenoberfläche auf einem durch den jeweiligen Gitter-Radius bedingten Kreisumfang. Im folgenden sollen die drei Hauptteile kurz beschrieben werden.

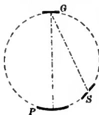


Fig. 1.

1. *Mikrometerspalt* (Fig. 2). Der eigentliche Spalt Sp ist für die erforderliche Scharfeinstellung an einem durch Zahn und Trieb beweglichen Rohr befestigt. Zur Orientierung der Einstellungen trägt das Auszugsrohr r, das eine Verschiebung von etwa 12 *cm* zuläßt, eine Millimeterskale. Der Spalt besitzt glasharte Stahlschneiden mit einer freien Länge von 15 bis 17 *mm*. Ein Intervall an der aus weißem Zellulold gefertigten Trommel der Mikrometerschraube zeigt 0,001 *mm* an.

2. *Gitterteil* (Fig. 3). Das eigentliche Gitter ist in das viereckige Gehäuse a, das mit dem Ring b fest verbunden ist, eingesetzt. Um die Gitterfurchen parallel zum Spalt zu stellen, besitzt der Ring b zwei Justierschrauben, c und c_1. Zur Einstellung und Justierung des Gitters kann dasselbe um eine vertikale Achse mikrometrisch gedreht werden. Der Bequemlichkeit wegen sind diese beiden Mikrometereinrichtungen g und g_1 für den Gebrauch Hookescher Schlüssel in Verbindung mit bieg-

[1]) D. Brewster, *Description of different stereoscopes etc.*, vorgetragen der *Royal Society of Arts*, Edinburgh, 26. März 1849 und veröffentlicht in den *Trans. Roy. Soc. Edinburgh* **3**, *IV. S. 247. 1850.*

[2]) H. W. Dove, Farbenlehre und optische Studien. Berlin 1853. *S. 193.*

samen Wellen eingerichtet. Aufgeklemmt werden diese Hookeschen Schlüssel, die vom Kamerateil aus bedient werden, auf das verlängerte zapfenförmige Ende der Mikrometerschrauben g und g_1.



Fig. 2.



Fig. 3.

3. *Kassettenteil* (Fig. 4 und 5). Den inneren, dem Gitter zugekehrten Teil der Kamera zeigt Fig. 4, während Fig. 5 die dem Beobachter zugewandte Ansicht darstellt.

Die Kassette ist für ein Plattenformat von 4×30 *cm* eingerichtet. Da der Auflagerand der Platten die Form eines Kreisbogens besitzt, müssen die Platten aus dünnem Spiegelglas oder Zelluloid (Films) hergestellt sein. Mehrere an dem Kassettendeckel in geeigneter Weise angeordnete Federn pressen die Platten oder Films mit sanftem Druck gegen die kreisbogenförmige Auflage.

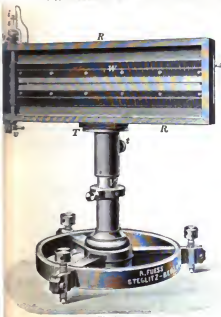


Fig. 4.



Fig. 5.

Für die Aufnahme mehrerer, unter einander stehender Spektren (*Koinzidenzverfahren*) befindet sich in dem Kassettenrahmen *R* dicht vor der Platte eine in der Richtung der Spektrallinien durch eine stark steigende Schraube *s* bewegliche, undurchsichtige Wand *W*, die eine der Plattenlänge entsprechende schlitzförmige, scharfbegrenzte Öffnung trägt (Fig. 4). Das Gewinde der Schraube *s* besitzt eine Steigung von 3 *mm* und der Schlitz in *W* eine Breite von 6 *mm*. In den Rand der Schraubenmutter *s* ist nun eine Kerbe eingeschnitten, in welche ein federnder Zahn einfällt und so jede volle Umdrehung der Schraube anzeigt. Es sind also für Koinzidenzaufnahmen stets zwei Umdrehungen der Schraubenmutter *s* nötig, um die schlitzförmige Öffnung in *W* immer an die zuvor den Lichtstrahlen geöffnete Plattenstrecke anzuschließen. Zur noch sichereren Orientierung über die gemachten Schraubendrehungen bei Koinzidenzaufnahmen ist am oberen Ende der Schraube *s* ein Index *i* angebracht, der eine Millimeterskale bestreicht, auf der außerdem deutlich die Mittelstellung der schlitzförmigen Öffnung in *W* markiert ist.

Für alle gewöhnlichen Aufnahmen wird die Wand *W* mit der schlitzförmigen Öffnung aus dem Gang der Lichtstrahlen ausgeschaltet. Es geschieht dies mit Hülfe des speichenartigen Griffes *w* nach vorherigem Ausschalten eines kleinen Riegels, der den Griff *w* für gewöhnlich festhält.

Um die Fläche der empfindlichen Plattenschicht genau in die Bildfläche zu bringen, kann der gesamte Kassettenträger um eine mit der Gradteilung *T* versehene vertikale Achse gedreht und mit der Schraube *t* nach erfolgter Einstellung festgeklemmt werden.

Zur bequemeren *Aufstellung* und *Justierung* des Apparates besitzt jeder der drei Hauptteile einen mit Stellschrauben versehenen großen Dreifuß; außerdem kann jeder einzelne mittels der Säule *V* in der Höhe verstellt werden.

Zur Flimmerphotometrie.

Von
Dr. **Hugo Krüss** in Hamburg.

Die Beschreibung eines neuen Flimmerphotometers durch Walter Bechstein[1]) veranlaßt mich, auf die Flimmerphotometrie zurückzukommen.

Seit der Entdeckung des Flimmerprinzips durch Rood im Jahre 1893[2]) sind eine ganze Anzahl Konstruktionen von Flimmerphotometern angegeben worden, u. a. von Rood selbst eine der von Bechstein mitgeteilten sehr nahe verwandte[3]), in welcher vor dem rechtwinkligen Gipsprisma eine durch einen Elektromotor bewegte plankonkave Zylinderlinse hin und her schwingt, während bei Bechstein an deren Stelle eine keilförmige Linse rotiert.

Es lassen sich zweifellos noch eine ganze Reihe anderer Anordnungen zum Zwecke der Anwendung des Flimmerprinzips in der Photometrie angeben. Es sei mir vergönnt, in Fig. 1 und 2 die endgültigen Formen mitzuteilen, welche die beiden in meiner früheren Veröffentlichung[4]) von mir beschriebenen Flimmerphotometer angenommen haben. Bei der Herstellung beider ging ich von der Absicht aus, ein Triebwerk ganz zu vermeiden und die Wirkung durch mäßig schnelle Handbewegung

[1]) *Diese Zeitschr.* **25.** *S. 45. 1905.*
[2]) *Photometric method, which is independent of colour. Amer. Journ. of Science* **46.** *S. 173. 1893.*
[3]) *Amer. Journ. of Science* **52.** *S. 174. 1899*; vgl. auch *diese Zeitschr.* **20.** *S. 190. 1900.*
[4]) *Journ. f. Gasbel. u. Wasservers.* **47.** *S. 129. 1904*; vgl. auch *diese Zeitschr.* **24.** *S. 250. 1904.*

zu erzielen, was dadurch erreicht wird, daß sowohl bei dem Photometerkopf mit Sektorenscheiben, als bei demjenigen mit Flimmerkörper bei jeder Umdrehung ein viermaliger Wechsel in der Beleuchtung des Gesichtsfeldes durch die beiden miteinander zu vergleichenden Lichtquellen stattfindet. Bei dem Photometerkopf mit Sektorenscheiben habe ich, einer freundlichen Anregung des Hrn. Prof. Brodhun Folge gebend, die Drehungsachse in gleicher Höhe mit der optischen Achse des Kopfes

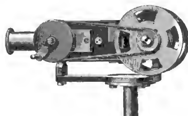


Fig. 1.

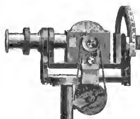


Fig. 2.

gelagert und dadurch die bei der früheren Anbringung der Drehungsachse senkrecht über der optischen Achse erforderliche Drehung der beiden Sektorenscheiben in entgegengesetztem Sinne vermieden.

Auf eine an mich ergangene Anfrage, ob man nicht den Photometerkopf nach Lummer und Brodhun zu einem Flimmerphotometer umwandeln könne, mußte ich natürlich zunächst verneinend antworten, kam dadurch aber auf folgende einfache Anordnung eines Flimmerphotometers. Entfernt man aus dem Lummer-Brodhunschen Photometerkopf (Fig. 3), wie ich ihn s. Zt. beschrieben habe[1]), das Doppelprisma R, fügt ein Reflexionsprisma r_1 in symmetrischer Lage zu r hinzu und stellt das Okular auf den Photometerschirm P ein, so erhält man offenbar im Gesichtsfelde Licht von den beiden Seiten des Photometerschirms und kann durch eine zwischen den Prismen r und r_1 und dem Okular hin und her schwingende Blende abwechselnd die eine und die andere Fläche des Photometerschirmes P zur Wirkung gelangen lassen.

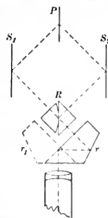


Fig. 3.

Die Spiegel S_1 und S_2 kann man aber in diesem Falle auch entbehren, wenn man mit den Reflexionsprismen r und r_1 so nahe dem Photometerschirm rückt, daß man ihn direkt sieht.

So mögen noch mancherlei Formen des Flimmerphotometers möglich sein; nebenbei sei bemerkt, daß die von Bechstein auf *S. 48* skizzierte Form das Flimmerprinzip, wie er es selbst auf *S. 45* unter a) formuliert, nicht verwirklicht. Bei dieser Form kann das Gesichtsfeld von den zu vergleichenden Lichtquellen nicht fortwährend gleich stark beleuchtet werden, denn die Beleuchtungsstärke des rotierenden, unter 45 Grad gegen die Drehachse geneigten Gipsschirmes geht bei einer ganzen Umdrehung zweimal durch Null.

Auf die Herstellung neuer Formen des Flimmerphotometers kommt es aber gar nicht an, um das Flimmerprinzip als ein photometrisches wissenschaftlich vollkommen einwandfrei zu sichern. Auch die von Bechstein mitgeteilten Beobachtungs-

[1]) *Journ. f. Gasbel. u. Wasservers.* **37.** *S. 61. 1894.*

ergebnisse helfen dieser Frage nicht weiter, sie zeigen nur, was auch Simmance und Abady und vor ihnen Rood gezeigt hatten, daß verschiedene Beobachter mit dem Flimmerphotometer leidlich übereinstimmende Resultate erzielen, auch bei Anwendung verschieden farbiger Lichtquellen.

Der Nachweis aber, daß Flimmerwert und physiologische Helligkeit dasselbe ist, hat bisher nicht erbracht werden können, wie ich das in meiner früheren Arbeit ausführlich nachgewiesen habe. Ich habe s. Zt. darauf aufmerksam gemacht, daß in den Flimmererscheinungen noch einige Probleme liegen, die ihrer Lösung harren[1]).

Dieser Hinweis hat mir eine höchst beachtenswerte Äußerung des Hrn. Prof. Dr. K. Marbe in Würzburg eingebracht. Er wies darauf hin, daß der von Plateau und Helmholtz übernommene Versuch, die Tatsachen des Talbotschen Gesetzes durch die „Dauer des Lichteindrucks“ zu erklären, unhaltbar sei. Diese Erklärungsweise setze voraus, daß ein im Dunkeln auftretender isolierter Reiz eine Empfindung hervorruft, die noch einige Zeit andauert, wenn der Reiz verschwunden ist, um dann plötzlich aufzuhören, bezw. sehr rasch abzuklingen. Wie aber die Untersuchungen von Heß, welche sich auf kurzdauernde Reize beziehen, gezeigt haben, liege die Sache keineswegs so einfach. Ein im Dunkeln am Auge rasch vorbeiziehender Reiz erzeuge vielmehr eine ganze Serie von aufeinander folgenden Empfindungen, die sich in nicht weniger als sechs Phasen zerlegen ließen. Wollte man daher die fraglichen Tatsachen mit Hülfe der „Dauer des Lichteindrucks“ erklären, so müsse man diese Dauer doch in der Form in Betracht ziehen, in welcher sie den neueren Untersuchungen gemäß stattfindet, nicht aber in der Form, in welcher sie sich nach den überwundenen Anschauungen von Plateau und Helmholtz gestaltet. Der Versuch, die Tatsachen des Talbotschen Gesetzes durch die „Dauer des Lichteindrucks“ zu erklären, sei auch aus anderen Gründen unhaltbar. Im Falle der Entstehung eines konstanten Eindrucks aus sukzessiv-periodischen Reizen und lichtleeren Intervallen sei dieser Eindruck keineswegs eine Funktion der Reize allein, sondern dem Talbotschen Satze zufolge der Reize einschließlich der lichtleeren Zwischenräume. Je nach der Dauer der letzteren in ihrem Verhältnis zur Dauer der positiven Reize falle die konstante Empfindung verschieden aus. Die Erklärung der fraglichen Tatsachen durch die „Dauer des Lichteindrucks“ setze aber doch *implicite* voraus, daß diese Nachdauer lediglich von den lichterfüllten und nicht von den lichtleeren Zwischenräumen abhänge.

Wenn daher die Erklärung der Tatsachen des Talbotschen Gesetzes mit Hülfe der „Dauer des Lichteindrucks“ unhaltbar sei, so sei es verständlich, daß diese Erklärung in fast allen konkreten Fällen versagt. Sie sei deshalb auch, wie ich schon angedeutet hätte, ungeeignet, die Tatsache verständlich zu machen, daß die Geschwindigkeit des Wechsels zwischen den beiden Lichteindrücken um so größer sein muß, je heller die Beleuchtung ist.

Eine Klärung dieser Tatsache biete indes keine Schwierigkeit. Verstärke man die Beleuchtung einer aus schwarzen und weißen Sektoren bestehenden Scheibe, so ändere man zweierlei, nämlich den Unterschied der Lichtintensitäten der schwarzen und weißen Reize und die mittlere Intensität der Reize, beide würden vergrößert, was, wie durch Versuche direkt gezeigt werden könne, für die Entstehung eines konstanten Eindrucks unvorteilhaft sei, indem der Einfluß der Vergrößerung der Unterschiede der Lichtintensitäten den Einfluß der Vergrößerung der mittleren Intensität der Reize überwöge.

[1]) *Physik. Zeitschr.* **5.** *S. 65. 1904.*

Auch ein zweites der von mir bezeichneten Probleme der Flimmerphotometrie hat inzwischen eine Beleuchtung erfahren.

Ich hatte folgendes festgestellt. Läßt man die Beleuchtungen des Gesichtsfeldes des Flimmerphotometers durch zwei verschiedenfarbige Lichtquellen, z. B. durch die Hefner-Lampe und einen Gasglühlichtbrenner, sehr langsam wechseln, so unterscheidet man deutlich die Aufeinanderfolge eines rötlichen und eines bläulichen Streifens mit schwach verwaschener Grenze zwischen beiden. Steigert man dann die Drehungsgeschwindigkeit, so wird es allmählich immer schwerer, die beiden verschiedenen Färbungen voneinander zu trennen, sehr bald lösen sie sich scheinbar ineinander auf und bei weiterer leichter Steigerung der Schnelligkeit hört die Empfindung verschiedener Färbung überhaupt auf, es findet nur noch ein Helligkeitswechsel statt. Bei noch geringerer Wechselzahl als bei solcher, wo überhaupt eine kontinuierliche Wahrnehmung eintritt, hört bereits die Unterscheidung der Einzelfarbe auf.

Nun ist nach einem Referat in den *Beibl. d. Ann. d. Physik* **29.** *S. 98. 1905* folgende Beobachtung gemacht worden. Fällt diffuses Tageslicht auf einen rotierenden Würfelspiegel, so sieht man bei langsamen Umdrehungen aufeinander folgende weiße Lichtblitze. Bei Steigerung der Umdrehungsgeschwindigkeit blitzen, von etwa zwei Umdrehungen pro Sekunde ab, verschiedene Farben auf, unter denen grüne Tinten vorherrschen; bei etwa sechs Umdrehungen verschwinden sie wieder. Ähnliche Erscheinungen werden wahrgenommen beim Sehen durch eine rotierende Löcherscheibe gegen den Himmel. Auch bei diesen Versuchen handelt es sich um Geschwindigkeiten im Wechsel der Beleuchtung, die noch nicht zum Entstehen eines kontinuierlichen Eindruckes in jeglicher Beziehung ausreichen. Eine Erklärung wäre hier möglich, wenn man annimmt, daß die von mir beobachtete Unempfindlichkeit gegen Farbenperzeption für Strahlen von verschiedener Wellenlänge bei verschiedener Intermittenzgeschwindigkeit eintritt. Dann muß das vom rotierenden Würfelspiegel reflektierte weiße Licht durch den bei einer bestimmten Drehungsgeschwindigkeit stattfindenden Ausfall von Strahlen einer gewissen Wellenlänge farbig werden und diese Farbe sich bei Steigerung der Schnelligkeit verändern, bis überhaupt jegliche Farbenempfindung aufhört und gleichmäßiges Grau wahrgenommen wird.

Nach Niederschrift vorstehender Zeilen wurde ich von Hrn. Prof. Brodhun freundlichst darauf hingewiesen, daß H. W. Vogel früher schon[1]) auf ähnliche Versuche hingewiesen hat, die von Benham, Liveing, Abney und Green in *Nature* **51.** *S. 113, 167, 200, 292, 321. 1894/95* erörtert wurden. Liveing erklärte dabei die Erscheinung ebenso wie ich, nämlich aus der Tatsache, daß die Dauer des Lichteindrucks für verschiedene Farben verschieden sei, und unter Hinzunahme der Annahme, daß das Auge verschiedene Farben verschieden schnell empfinde.

Es würde sich vielleicht verlohnen, diesen Erscheinungen weiter nachzugehen. Denn wenn auf diesem Wege sich wirklich ergeben würde, daß nach Aufhören der Farbenunterscheidung die beiden verschiedenfarbigen Komponenten nur noch mit den ihnen zukommenden Intensitäten in den Flimmerprozeß eingehen, so würde man dem Nachweis nahe sein, daß Flimmerwert und physiologische Helligkeit parallel gehen. Allerdings wird hier noch ein gutes Stück Arbeit zu leisten sein.

Zum Schluß möchte ich noch darauf aufmerksam machen, daß die von Bechstein gegebene Anweisung zur Auffindung der für die Flimmerphotometrie passendsten Schnelligkeit wie auch die zur Erläuterung dienende Figur bereits in meiner in obigen Darlegungen mehrfach angezogenen früheren Veröffentlichung enthalten ist.

[1]) *Verhandl. d. physikal. Gesellsch. zu Berlin* **14.** *S. 45. 1895.*

Die Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Jahre 1904[1]).

Abteilung I.

I. Wärmelehre und Mechanik[2]).

1. Spezifische Wärme der Gase[3]).

Versuche, die Schallgeschwindigkeit und damit die spezifische Wärme der Gase und des Wasserdampfes nach einer neuen Methode zu bestimmen, sind endgültig in Angriff genommen worden. Als Resonator dient zunächst ein hart gelöteter Messingzylinder von 5 *cm* Durchmesser und 31,99 *cm* Länge, der in trockener Luft von 0° bei einer Periode von 0,00190 Sek. resoniert. Höhere Frequenzen sind bei der vorhandenen Einrichtung weniger brauchbar. Die Genauigkeit einer Messung beträgt einige Tausendstel, ist also wohl dieselbe wie bei den besten Messungen nach der Kundtschen Methode. Der Anwendung der Methode auf sehr hohe Temperaturen dürfte nichts im Wege stehen, dagegen wird die bisher allein erprobte Ausführung bei größerem Überdruck unbrauchbar.

2. Manometer[4]).

Zur Erleichterung der Druckmessungen, die bei Benutzung des gebrochenen Quecksilber-Wasser-Manometers immerhin eine erhebliche Zeit und Mühe in Anspruch nehmen, wurde ein Federmanometer konstruiert. Eine Bourdonsche Röhre, wie sie bei den üblichen Metallmanometern zur Verwendung kommt, ist an dem einen Ende befestigt und trägt hier einen Kontrollspiegel. Das freie Ende trägt im Krümmungsmittelpunkte der von ihm durchlaufenen Bahn einen Spiegel, dessen Drehung mit Fernrohr und Skale bestimmt wird. Eine Dämpfung erwies sich als unnötig; nur wenn in demselben Gebäude Maschinen gehen, ist die Ablesung schwierig. Ausgeführt ist dies Manometer für 20 Atmosphären.

Es war vor allem zu prüfen, welche Grenze der Genauigkeit eines solchen Instrumentes durch die elastische Nachwirkung gesteckt ist; andererseits ist das Instrument zu dieser Prüfung auch besonders geeignet, weil die Feder keine Arbeit zu verrichten hat und die Genauigkeit der Ablesung genügend groß ist (30 *mm* = 1 Atmosphäre). Es ergab sich, daß die größte Nachwirkung 1% betrug; diese tritt ein, wenn der Überdruck mehrere Tage dauert und die Änderung des Nullpunktes mehrere Tage lang verfolgt wird. Durch Anwendung der im Prinzip bekannten Mittel wird man den Einfluß der Nachwirkung auf unschädliche Größen herabdrücken können; man wird entweder das Instrument längere Zeit vor der Messung nahe demselben Überdrucke dauernd aussetzen, oder man wird, falls dies nicht angeht, den zu messenden Druck jedesmal nur die zur Messung unbedingt nötige Zeit, während des Bruchteils einer Minute, wirken lassen. Für beide Anwendungsmethoden ist natürlich der Reduktionsfaktor des Instrumentes ein etwas anderer.

3. Spezifische Wärme der Gase bei hoher Temperatur[5]).

Die Messung der spezifischen Wärme ist mit der früher angegebenen Versuchsanordnung für Luft, Stickstoff und Kohlensäure bis 800°, für Sauerstoff bis 600° durchgeführt worden. Es wurde jedesmal die mittlere spezifische Wärme zwischen 20° und 440°, 20° und 630° und 20° und 800° bestimmt. Die Ergebnisse, deren Veröffentlichung bevorsteht, sind folgende:

	Zwischen 20° und 440°	Zwischen 20° und 630°	Zwischen 20° und 800°
Stickstoff	0,2419	0,2464	0,2497
Sauerstoff (mit 9,5% N) .	0,2255	0,2314	—
Sauerstoff	0,2240	0,2300	—
Luft	0,2366	0,2429	0,2430
Luft (aus O u. N ber.) . .	0,2377	0,2426	—
Kohlensäure	0,2306	0,2423	0,2486

[1]) Auszug aus dem dem Kuratorium der Reichsanstalt erstatteten Tätigkeitsbericht.

[2]) Im folgenden sind die Namen der Beamten, welche die Arbeiten ausgeführt haben, in Anmerkungen zu den einzelnen Nummern des Textes genannt.

[3]) Thiesen.

[4]) Thiesen.

[5]) Holborn, Austin, Henning.

Für die mittlere spezifische Wärme der einfachen Gase ergibt sich eine Zunahme, die etwa 3% in dem beobachteten Temperaturintervall ausmacht. Dieser Betrag überschreitet kaum die Fehlergrenze für die absolute Messung, die etwa ± 1% ist.

Eine höhere Genauigkeit ließe sich vielleicht durch eine wesentliche Vergrößerung des Apparats erreichen, sodaß ein stärkerer Gasstrom angewendet werden könnte. Bei dem benutzten Apparat betrug er 4 bis 6 *g* in der Minute. Doch bliebe auch hier immer die Schwierigkeit, welche die Temperaturmessung des Gases vor dem Eintritt in das Kalorimeter bietet. Deshalb ist die relative Vergleichung der Gase miteinander, in welche diese Fehlerquelle weniger eingeht, genauer.

Die Zahl, die für Luft zwischen 20° und 440° gefunden wurde, stimmt hinreichend überein mit den Werten 0,2375 und 0,2389, die Regnault und E. Wiedemann für das Intervall zwischen 0° und 200° angeben. Der für Sauerstoff beobachtete Wert ist etwas größer als der Regnaultsche (0,2175) und der für Stickstoff kleiner als der früher aus Luft und Sauerstoff berechnete (0,2438).

Die Versuche mit Kohlensäure ergeben in höherer Temperatur ein langsameres Ansteigen als man durch Extrapolation der Regnaultschen Formel erhalten würde. Zwischen 0° und 800° läßt sich die mittlere spezifische Wärme durch den Ausdruck

$$0{,}2028 + 0{,}0000692\,t - 0{,}0000000167\,t^2$$

darstellen. Berechnet man hieraus durch Differentiation Werte der wahren spezifischen Wärme für eine bestimmte Temperatur des Beobachtungsgebietes, so weichen diese stark von den Zahlen ab, die Mallard und Le Chatelier aus Explosionsversuchen abgeleitet haben. Die Ergebnisse von Langen kommen den unsrigen viel näher, wie die folgende Zusammenstellung zeigt.

Wahre spezifische Wärme γ der Kohlensäure bei konstantem Druck.

	Regnault	E. Wiedemann	Mallard und Le Chatelier	Langen	Holborn und Austin
0°	0,1870	0,1952	$0{,}188_0$	$0{,}198_0$	0,2028
100	0,2145	0,2169	$0{,}214_0$	$0{,}210_0$	0,2161
200	0,2396	0,2387	$0{,}239_0$	$0{,}222_0$	0,2285
400	—	—	$0{,}284_0$	$0{,}245_0$	0,2502
600	—	—	$0{,}323_0$	$0{,}269_0$	0,2678
800	—	—	$0{,}355_0$	$0{,}292_0$	0,2815

Über 800° hinaus läßt sich der vorhandene Apparat nicht benutzen. Mit einem Heizrohr aus Platin und einem größeren Kalorimeter würde man zunächst bis 1100° kommen. Alsdann treten aber Schwierigkeiten wegen der Isolation des Thermoelements auf. Denn Vorversuche haben ergeben, daß die Leitfähigkeit auch bei Quarzglas, das in Form von feinen Kapillaren als Schutz für die Drähte benutzt wurde, in derselben Weise wie bei Porzellan und ähnlichen Materialien in der Nähe von 1100° stark zunimmt.

Zunächst sind Versuche mit Wasserdampf bis 800° in Angriff genommen. Hierfür ist das Wasser des Kalorimeters durch Öl ersetzt worden, dessen Temperatur durch einen elektrisch geheizten Mantel auf etwa 120° gehalten wird, sodaß der Wasserdampf im Kalorimeter nicht kondensiert. Seine spezifische Wärme wird mit der der Luft verglichen.

4. Kalorimetrische Messungen[1]).

Die Messungen zur Bestimmung der mittleren Kalorie in elektrischen Einheiten sind nahe abgeschlossen. Die vorhandenen Einrichtungen genügten, um die Versuche etwa zwischen den Temperaturen 5° und 25° auszuführen. Es besteht die Absicht, die Bestimmung später auf ein größeres Intervall auszudehnen. Die erwärmte Wassermenge wurde reichlich groß (10 *kg*) und die Erwärmung gering (1° bis 1,5°) gewählt, um einerseits die nur ungenau bekannte Korrektion wegen der Metallmassen (Kalorimetergefäß u. s. w.) auf ein Mindestmaß

[1]) Jaeger, v. Steinwehr.

herabzudrücken und um andererseits nur kleine Temperaturgänge vor und nach dem Versuch zu erhalten, was für die Genauigkeit der Messungen ebenfalls von Vorteil ist. Der Temperaturgang betrug für einen Grad Temperaturunterschied zwischen dem Kalorimetergefäß und der Umgebung etwa 1 bis 1,5 tausendstel Grad in der Minute.

Zur Temperaturmessung dienten verschiedene Platinthermometer von der im vorigen Tätigkeitsbericht (*diese Zeitschr.* **24.** *S. 134. 1904*) angegebenen Form, zum Teil auch ein solches nach Callendar; bei letzterem mußte aber eine Korrektion wegen der Trägheit angebracht werden.

Die Widerstandsmessungen wurden teils mit dem Differential-Galvanometer nach der Kohlrauschschen Methode vorgenommen (Anh. Nr. 18)[1], teils nach der Thomsonschen Doppelbrückenmethode. Die Belastung der Thermometer betrug etwa 0,01 Amp., ihr Widerstand liegt zwischen 5 und 10 Ohm.

Die elektrische Energie wurde einer Akkumulatorenbatterie von 70 Volt entnommen und in einer Heizspule aus Konstantanband von etwa 10 Ohm Widerstand umgesetzt. Bei einer Anzahl von Versuchen war das Heizband um die als Zentrifugal- und Flügelrührer dienende Vorrichtung aufgewickelt; doch zeigten sich hierbei Isolationsschwierigkeiten, sodaß später eine besondere Heizspirale verwendet wurde. Spannung und Stromstärke bezw. Widerstand wurden mittels eines Kompensationsapparates gemessen, dessen Stromstärke durch ein Westonsches Cadmiumelement eingestellt wurde.

Die in der Spule umgesetzte Leistung betrug durchschnittlich 50 Watt, sodaß bei einer Versuchsdauer von 4 Minuten eine Gesamtenergie von etwa einer Kilowattminute entwickelt wurde.

Die annähernden Versuchsergebnisse sind folgende.

Die mittlere Kalorie bei 15° C. entspricht 4,19 Wattsekunden; der aus den Beobachtungen zwischen 5° und 25° abgeleitete Temperaturkoeffizient beträgt etwa — 0,0038 pro Grad. Die obigen Zahlen sind in guter Übereinstimmung mit den von Barnes gefundenen Werten.

5. Physikalische Eigenschaften der Metalle.

In früheren Tätigkeitsberichten sind Arbeiten über Wärmeleitung mitgeteilt. Aus diesen ist der Plan zu einer systematischen Untersuchung der für die Elektronentheorie in Betracht kommenden Eigenschaften der Metalle hervorgegangen. Eine Reihe von Vorarbeiten[2]) ist in Angriff genommen und zum Teil erledigt. Hierher gehört die Konstruktion der Apparate, der Thermostaten, besonderer Thermoregulatoren, sowie die Ausbildung spezieller Meßmethoden, z. B. zur Messung kleiner Potentialdifferenzen, zur Ablesung von Thermometern in undurchsichtigen Thermostatengefäßen. Über eine ebenfalls hierzu gehörende photographische Methode zur Bestimmung des zeitlichen Verlaufes von Galvanometerausschlägen ist in den Verhandlungen der Physikalischen Gesellschaft berichtet (*Verhandl. d. Deutsch. physikal. Gesellsch.* **7.** *S. 32. 1905*).

6. Arbeiten mit dem Fizeauschen Dilatometer[3]).

Die Versuche wurden im Berichtsjahr auf das Intervall bis zur Temperatur der flüssigen Luft abwärts ausgedehnt. Der benutzte Apparat bestand im wesentlichen aus einem zylinderförmigen Messinggefäß von 10 *cm* Höhe und 9 *cm* Durchmesser, das zur Aufnahme des Interferenzapparates diente und nach Justierung des letzteren flüssigkeitsdicht verschraubt werden konnte. Das Messinggefäß setzte sich nach oben in ein Messingrohr und daran anschließend in ein Glasrohr fort, durch welche unter Vermittelung eines totalreflektierenden Prismas der Lichtstrahl zum Interferenzapparat und von diesem zum Beobachtungsrohre geleitet wurde.

Für die Beobachtung bei tiefer Temperatur wurde über das Messinggefäß und einen Teil des Rohrfortsatzes ein zylindrisches Dewarsches Gefäß geschoben und dieses mit flüssiger Luft gefüllt. Zur Messung der Temperatur diente ein Platin-Widerstandsthermometer.

Der Apparat, welcher eingehender beschrieben ist (Anh. Nr. 3), hat sich gut bewährt. Die bei der Abkühlung durchs Gesichtsfeld wandernden Interferenzstreifen kamen nach

[1]) Die Hinweise beziehen sich auf das Verzeichnis der Veröffentlichungen am Schluß des Berichts.
[2]) Diesselhorst.
[3]) Scheel.

1 bis $1\frac{1}{2}$ Stunden vollkommen zur Ruhe, in welcher sie während einer weiteren halben Stunde verharrten. Während dieser selben Periode blieben auch die Angaben des Platinthermometers auf weniger als 0,1° konstant, sodaß angenommen werden darf, daß während dieser zu den eigentlichen Beobachtungen benutzten Zeit auch der Interferenzapparat die vom Platinthermometer angezeigte Temperatur hatte.

Die Beobachtungen dienten bisher fast ausschließlich der Bestimmung der Ausdehnung des als Normalkörper benutzten Ringes aus senkrecht zur Achse geschliffenem, kristallinischen Quarz. Die Versuchsbedingungen sind vielfach geändert. Da die Verschiebung des Streifensystems nicht nur von der Höhenänderung des Quarzringes unter dem Einfluß der Abkühlung, sondern auch von der Änderung des Brechungsexponenten des zwischen den spiegelnden Flächen befindlichen Gases mit der Temperatur abhängt, so wurde außer in Luft, die sich bei der Beobachtungstemperatur bereits nahe ihrem Kondensationspunkte befindet, auch in einer Atmosphäre von Stickstoff bezw. Wasserstoff beobachtet, welche Gase man in langsamem Strome durch das den Interferenzapparat umschließende Messinggefäß hindurchströmen ließ.

Die bisherigen Versuche ergaben in ihrer Gesamtheit als wahrscheinlichsten Wert für die Längenänderung des kristallinischen Quarzes in Richtung der Achse bei der Abkühlung von 0° auf −190° auf 1 *m* gerechnet 925 μ. Der mittlere Ausdehnungskoeffizient innerhalb dieser Grenzen ist somit 0,0000049, während er zwischen 0° und +100° 0,0000080 beträgt. Der Wert bei −190° läßt sich mit den früher im Intervall 0° bis 100° beobachteten zu einer quadratischen Formel vereinigen, welche gegen die früher aufgestellte ein wenig geändert erscheint, trotzdem aber jene Beobachtungen in gleicher Weise gut darstellt. Die gegenwärtigen Versuche sind noch nicht völlig als abgeschlossen zu betrachten.

Eine vorläufige Beobachtung an Platin relativ zu Quarz stellt die Möglichkeit in Aussicht, daß die früher mitgeteilte Ausdehnungsformel bis zur Temperatur der flüssigen Luft extrapoliert werden darf.

7. Ausdehnung in tiefer Temperatur[1]).

Die Messungen über die Ausdehnung verschiedener Materialien in tiefer Temperatur sind nach der im vorigen Bericht beschriebenen Methode zum Abschluß gebracht worden.

Die endgültige Berechnung der Beobachtungen ist aufgeschoben, bis ein definitiver Wert für die absolute Ausdehnung des Quarzglases für tiefe Temperatur aus den Messungen am Fizeauschen Apparat vorliegt.

8. Innere Reibung von tropfbaren Flüssigkeiten[2]).

Die kritische Untersuchung über die Gültigkeitsgrenzen des Poiseuilleschen Gesetzes in geraden und gewundenen Kapillaren wurde besonders durch die Anwendung des Helmholtzschen Theorems von der Übertragung einer beliebigen Flüssigkeitsbewegung auf eine geometrisch ähnliche einer beliebigen andern Flüssigkeit zu einem befriedigenden Abschluß gebracht und erscheint in den „Wissenschaftlichen Abhandlungen". Bezeichnet l die Länge, d den Durchmesser eines geraden Rohres, ω die mittlere Durchflußgeschwindigkeit, bei der das Poiseuillesche Druckgesetz eine bestimmte prozentische Abweichung zeigt, s die Dichte, η den Reibungskoeffizienten der Flüssigkeit, so ist allgemein

$$\omega = \frac{\eta}{d \cdot s} f\left(\frac{l}{d}\right).$$

Zum Beispiel würde etwa 1‰ Abweichung eintreten bei der Geschwindigkeit

$$\omega = 6{,}6 \cdot 10^{-6} \frac{\eta}{d \cdot s} \left(\frac{l}{d} - 4{,}5\right)^{2{,}08} cm/\text{Sek.},$$

wenn η und s für Wasser von 10° gleich 1 gesetzt werden.

Bei gebogenen Rohren wird bereits für viel kleinere Geschwindigkeiten der Einfluß der Zentrifugalbeschleunigung störend bemerkbar, doch unterliegen auch hier die Abweichungen von Poiseuilles Druckgesetz den aus dem Helmholtzschen Theorem ab-

[1]) Henning.
[2]) Grüneisen.

geleiteten Gesetzmäßigkeiten, welche gestatten, die bei der Bestimmung relativer Reibungskoeffizienten etwa nötigen Korrektionen theoretisch (streng) zu begründen.

Das bezüglich der Reibungskoeffizienten verdünnter wäßriger Lösungen gesammelte Versuchsmaterial ist endgültig für die Veröffentlichung zusammengestellt.

Es wurde noch der Frage näher getreten, ob die innere Reibung sehr zäher Flüssigkeiten vielleicht auf einem prinzipiell anderen, zuerst wohl von O. G. Jones (1894) vorgeschlagenen, später von Tammann benutzten Wege hinreichend sicher bestimmt wird, nämlich durch die konstante Fallgeschwindigkeit von Kugeln in der Flüssigkeit.

Das Helmholtzsche Theorem lehrt, daß der Reibungswiderstand, den ein beliebiger Körper in einer reibenden, an ihm haftenden Flüssigkeit von großer Ausdehnung bei geradliniger, rotationsloser Bewegung mit der Geschwindigkeit v erleidet, sich in folgendem Ausdruck darstellt

$$R = v \eta D \cdot F\left(\frac{v D s}{\eta}\right).$$

Hierin bezeichnet D eine lineare Dimension des Körpers, F eine von seiner geometrischen Form abhängige Funktion, die also für geometrisch ähnliche Formen den gleichen Bau hat.

Bei der *Kugel* ist für sehr kleine Geschwindigkeiten nach der Berechnung von Stokes und Kirchhoff $F = 3\pi$, wenn D den Durchmesser bedeutet. Diese einfache Beziehung ist jedoch nach den wenigen vorliegenden Messungen von Jones und Allen (1901) nur etwa so lange gültig, als $\frac{v D s}{[\eta]} < 1$ ist (in *C.G.S.* gemessen). Von da ab wächst der Reibungswiderstand R nicht mehr proportional der Geschwindigkeit, sondern rascher und rascher an, um oberhalb $\frac{v D s}{[\eta]}$ = etwa 2000 proportional dem Geschwindigkeitsquadrat zu werden. Für diesen letzten Bereich würde also

$$F\left(\frac{v D s}{\eta}\right) = \text{konst.}\ \frac{v D s}{\eta} \qquad \text{und} \qquad R = \text{konst.}\ v^2 D^2 s,$$

der Reibungswiderstand also *unabhängig* vom Reibungskoeffizienten sein.

Um in dem für die Messung von Reibungskoeffizienten brauchbaren Bereich, $F = 3\pi$, zu bleiben, müßte man die Bedingung $0 < \frac{v D s}{[\eta]} < 1$ erfüllen, was für Flüssigkeiten von der Zähigkeit des Wassers ($[\eta] = 0{,}01$) nur bei kleinsten Dimensionen oder Geschwindigkeiten möglich wäre. Hier scheint die Methode ausgeschlossen zu sein. Dagegen erscheint sie für dickflüssige Substanzen, bei denen $v D$ hinreichend große Werte annehmen darf, wohl geeignet.

9. Versuche über das Setzen von Mauerwerk[1]). Die von Hrn. Dr. Repsold angeregten Versuche über das Setzen von Mauerwerk, die für astronomische Untersuchungen einen Anhaltspunkt liefern und besonders die Eigenschaften verschiedenen Bindematerials klarstellen sollen, sind eingeleitet. Auf einem von Hrn. Repsold zur Verfügung gestellten, horizontal auf einem Mittelpfeiler montierten Rade von nicht ganz 2 *m* Durchmesser sind in Übereinstimmung mit den Repsoldschen Konstruktionszeichnungen an den Enden der 12 Speichen 12 Pfeiler von je etwa 1 *m* Höhe aufgebaut. Drei symmetrisch gestellte Pfeiler bestehen aus Gußeisen, die übrigen neun aus Mauerwerk von gleichartigen Steinen, aber verschiedenem, unten angegebenem Bindematerial.

In einem dreizehnten, ebenfalls gußeisernen Mittelpfeiler ist drehbar ein mit Niveau versehener horizontaler Arm gelagert. Durch Auflegen des freien Endes des Armes auf die zwölf Pfeiler auf dem Umfang des Rades läßt sich die Höhe der gemauerten Pfeiler zu der Höhe der gußeisernen Normalpfeiler feststellen und dadurch die Höhenänderung der ersteren bestimmen. Die Temperatur des Beobachtungsraumes änderte sich nur wenig.

[1]) Scheel.

Die bisher gewonnenen Resultate sind aus der folgenden Tabelle ersichtlich.

Art des Bindematerials	Fertigstellung der Mauerung	Beobachtete Höhenänderung in der Zeit vom 7. 11. 04—19. 1. 05 mm	davon 30. 12. 04—19. 1. 05 mm
Reiner Kalkmörtel	8. 9. 04	+ 0,014	— 0,001
1 Teil Zement, 40 Teile Kalkmörtel	5. 9. 04	— 0,017	0,000
1 „ „ 20 „ „	5. 9. 04	— 0,052	— 0,005
1 „ „ 10 „ „	6. 9. 04	— 0,065	— 0,021
1 „ „ 1 Teil Sand	7. 9. 04	+ 0,084	+ 0.004
Reiner Zement	20. 9. 04	+ 0,153	+ 0,009
„ Gips	19. 9. 04	+ 0,007	— 0,004
„ Weißkalk	16. 9. 04	— 0,528	— 0,002
Lose, ohne Bindematerial geschichtete Steine	23. 9. 04	+ 0,011	— 0,013

Da ein Teilstrich der Libelle fast 0,006 *mm* Höhenänderung der Pfeiler entspricht, so liegen die meisten der in dem letzten Zeitraum beobachteten Änderungen schon innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler. Man wird also nur noch aus Beobachtungen in längeren Intervallen weitere Resultate erwarten können.

II. Elektrische Arbeiten. *1. Normalwiderstände*[1]).

Im Januar 1904 wurden die Quecksilbernormale von 1 Ohm Widerstand (Nr. XI, XIV u. 114) unter einander und mit den vier Drahtnormalen aus Manganin (148a, 149a, 150a, 151) verglichen.

Für den Mittelwert M der vier Manganinnormale wurde gefunden

$$M = 1{,}001739 \text{ bei } 18^{\circ} \text{ C.},$$

während das Mittel der bisherigen Messungen (vom November 1893 ab; vgl. den vorigen Tätigkeitsbericht, *diese Zeitschr.* **24.** *S. 137. 1904*) ist

$$M = 1{,}001741.$$

Von einer relativen Änderung zwischen Quecksilber- und Drahtnormalen ist also nichts zu merken.

Auch die Normaldrahtwiderstände der II. Abteilung, welche zur Prüfung der eingesandten Widerstände dienen, zeigen gegen die Vorjahre keine relativen Änderungen, welche die üblichen kleinen Schwankungen übersteigen.

2. Normalelemente.

Die für die Normalelemente wichtigste Frage bezüglich der von dem Merkurosulfat herrührenden Unterschiede ist noch nicht gelöst. Auch die Hoffnungen, welche sich an die aus Amerika stammenden Mitteilungen geknüpft haben, scheinen sich nicht ganz zu verwirklichen. Nach diesen Mitteilungen war es Carhart und Hulett einerseits, Wolff vom *Bureau of Standards* in Washington andererseits, unabhängig voneinander, gelungen, auf elektrolytischem Wege ein nach ihrer Ansicht einwandfreies Material herzustellen, welches stets bis auf einige Hunderttausendstel denselben Wert der elektromotorischen Kraft liefert; es ist aber noch nichts weiter darüber bekannt geworden, inwieweit diese beiden unabhängig voneinander hergestellten Sorten miteinander übereinstimmende Resultate liefern. Die Ursache für die Abweichungen, welche die käuflichen Sorten des Merkurosulfats zeigen, sucht Hulett in der ungleichen Menge festen hydrolysierten Salzes, das dem normalen Merkurosulfat beigemengt ist; theoretisch ist diese Anschauung unhaltbar und die Versuche[2]) haben auch ergeben, daß die Leitfähigkeit der gesättigten wäßrigen Lösung von Merkurosulfat bei wiederholter Erneuerung des Wassers stets dieselbe bleibt, solange überhaupt noch festes unzersetztes Salz vorhanden ist. Wenn alles feste Salz hydrolysiert ist, geht die Leitfähigkeit plötzlich auf den sechsten Teil herunter, die somit der Löslichkeit des basischen Salzes ent-

[1]) Jaeger, Diesselhorst.

[2]) v. Steinwehr.

spricht. Da es für die elektromotorische Kraft nur auf die Zusammensetzung der Lösung ankommt, nicht auf die Menge des festen Salzes, so war dieser Erfolg zu erwarten.

Auf dem gelegentlich der Weltausstellung in St. Louis abgehaltenen Internationalen Elektrikerkongreß wurde neben anderem auch die Frage verhandelt, an Stelle des Clarkschen Elements das Westonsche Cadmiumelement als Normal der elektromotorischen Kraft gesetzlich einzuführen. Dieser Absicht trat die Reichsanstalt mit einer Veröffentlichung entgegen (Anh. Nr. 2), in welcher darauf hingewiesen wurde, daß eine solche Frage erst dann aufgeworfen werden könne, wenn die Normalelemente noch einen höheren Grad von Vollkommenheit erreicht hätten, wogegen z. Z. noch die oben erwähnten Eigenschaften des Merkurosulfats hindernd im Wege stehen. Zur Zeit ist die Zuverlässigkeit des Silbervoltameters zum mindesten ebenso groß wie die der Normalelemente (vgl. auch die neueren Mitteilungen von Guthe und von van Dijk über das Silbervoltameter); es liegt daher für die Länder, die das Silbervoltameter angenommen haben, kein Grund vor, dieses zu Gunsten des Westonschen Elements aufzugeben.

Die *Polarisationserscheinungen* bei den Elementen mit festen Salzen sind sowohl Gegenstand theoretischer Betrachtungen[1]) (Anh. Nr. 10) wie auch experimenteller Messungen[2]) gewesen; doch sind die letzteren noch nicht zu Ende geführt.

Den theoretischen Betrachtungen liegt die Annahme zugrunde, daß die ganze Polarisation der Elemente auf die Konzentrationsänderungen zurückzuführen ist, welche an den Elektroden infolge des Stromdurchgangs auftreten müssen. Diesen Änderungen wirkt einerseits die Diffusion der Flüssigkeit entgegen, andererseits die Auflösung bezw. Auskristallisation des festen Salzes bei Veränderung der Konzentration.

Die den Vorgang darstellenden Differentialgleichungen sind identisch mit denen, die man für die Wärmeleitung eines zylindrischen Stabes bei Vorhandensein äußerer Wärmeleitung erhält.

Für die Konzentrationsänderungen sowohl beim Entstehen wie beim Verschwinden der Polarisation nach Erreichung des Gleichgewichts ist bestimmend das Integral (siehe Fig. 1)

$$y = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_{\sqrt{z}}^{\infty} e^{-v^2}\, dv\ ^3),$$

wo $z = a\,t$ eine der Zeit proportionale Größe darstellt; die Konstante a hängt mit der Lösungs- bezw. Kristallisationsgeschwindigkeit in einfacher Weise zusammen.

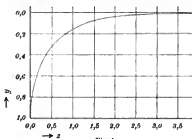


Fig. 1.

Bezeichnet c_0 die normale Konzentration der Lösung, c die jeweilige Konzentration zur Zeit t, so ist für den Fall der Entstehung der Polarisation

$$\frac{c}{c_0} = 1 - K(1 - y)$$

und für den Fall des Verschwindens derselben nach Erreichung des dynamischen Gleichgewichts

$$\frac{c}{c_0} = 1 - K y.$$

Die Konstante K ist die maximale Konzentrationsänderung im dynamischen Gleichgewicht und hängt in einfacher Weise mit der Stromdichte, der Diffusionskonstante D, den Überführungszahlen und der Größe a zusammen.

Im dynamischen Gleichgewicht ist im Abstand x von der Elektrode

$$\frac{c}{c_0} = 1 - K e^{-\sqrt{\frac{a}{D}}\, x}.$$

---

[1]) Jaeger.

[2]) v. Steinwehr.

[3]) $y = 0$ für $z = \infty$; $y = 1$ für $z = 0$.

Für viele Fälle kann man die Kurve der Konzentrationsänderung der Polarisationskurve proportional setzen, andernfalls muß man die Abhängigkeit der elektromotorischen Kraft von der Konzentration messen oder berechnen.

Experimentelles. Die Untersuchung, welche die Kenntnis der Polarisationserscheinungen bei Normalelementen zum Zweck hat, beschränkte sich zunächst auf den Amalgampol des Clark-Elements. Der Verlauf der Polarisation, Entstehung und Verschwinden derselben, wurde an einer Anzahl dreipoliger Elemente untersucht, deren etwa 1,5 cm^2 große Elektroden aus 10-prozentigem Zinkamalgam bestanden, und die mit gesättigter Zinksulfatlösung und Kristallen von $ZnSO_4 + 7\,H_2O$ gefüllt waren. Die dritte Elektrode diente als stromlose Normalelektrode zur Vergleichung mit den beiden anderen entgegengesetzt polarisierten Elektroden.

Die Größe der Polarisation wurde mit einem Kompensationsapparate zeitlich verfolgt, was bei dem Ablauf derselben ohne weiteres möglich ist, während beim Entstehen der Polarisation im vorliegenden Falle der polarisierende Strom eine direkte Messung unmöglich macht. Es wurde deshalb mit Hülfe eines für Kapazitätsmessungen konstruierten rotierenden Unterbrechers (vgl. *diese Zeitschr.* **23.** *S. 152. 1903*) abwechselnd Strom durch die Zelle geschickt und dann dieselbe an den Kompensationsapparat geschaltet. Trotzdem beim Öffnen des Stromes der erste Abfall sehr rasch (theoretisch unendlich schnell) erfolgt, ist es doch möglich, dem wahren Werte sehr nahe zu kommen, da die Unterbrechungen nur sehr kurze Zeit dauern.

Die Versuche ergaben:

1. Wie es theoretisch verlangt wird, waren die Kurven für die Entstehung und den Ablauf der Polarisation identisch und ergänzten sich daher zu allen entsprechenden Zeiten zu einem konstanten Werte, dem Grenzwerte der Polarisation für die betreffende Stromstärke (dynamisches Gleichgewicht).

2. Die Polarisation war proportional der Stromdichte.

3. Die anodische bezw. kathodische Polarisation, die gegen die dritte stromlose Elektrode gemessen wurden, waren einander entgegengesetzt gleich, was bei der Betrachtung der hierfür gegebenen Formeln von Interesse ist.

4. Der Maximalwert der Polarisation von etwa 1 Millivolt bei Stromstärken bis 1 Milliampere wurde schon nach höchstens 10 Minuten in den Elementen mit festem Salze erreicht und verschwand ebenso schnell nach Öffnen des Stromes, während bei Abwesenheit von festem Salz der Verlauf der Polarisation ein ganz anderer war und selbst nach längerer Zeit zu keinem Maximalwerte gelangte, sondern diesen wahrscheinlich erst in der annähernden Erreichung der polarisierenden Kraft gefunden haben würde.

5. Elemente mit fein gepulvertem Salze polarisierten sich unter sonst gleichen Bedingungen weniger stark als solche mit grobem Salze, wie es auch von der Theorie verlangt wird, obwohl bei den ersteren die Stromdichte relativ größer war, was in entgegengesetztem Sinne wirkt und die Erscheinung zu trüben strebt.

6. Die anfangs bestehenden Unterschiede in der Polarisation zwischen Elementen mit grobem und feinem Salze verschwanden aber fast gänzlich schon nach wenigen Tagen, indem die Polarisation des mit feinem Salze beschickten Elements anstieg, was darauf hindeutet, daß die kleinen Kristalle auf Kosten der großen verschwinden.

3. Wäßrige Lösungen von Salzen mit zweiwertigen Bestandteilen.

Die Aufgabe, für die gewöhnlichen starken Salze die Leitvermögen verdünnter Lösungen genauer festzustellen, als bei den früheren Durchmusterungen geschehen war, wurde an den Chloriden des Bariums, Calciums und Magnesiums, den Nitraten von Barium, Strontium, Calcium und Blei, den Sulfaten von Kalium, Lithium, Magnesium, Zink, Cadmium und Kupfer sowie Kaliumoxalat und Calciumchromat durchgeführt (Anh. Nr. 6).

a) Leitvermögen einer Gruppe von Salzen[1]).

Auf die Salze aus einwertigen Ionen hatte sich eine Formel anwenden lassen (vgl. *diese Zeitschr.* **21.** *S. 114. 1901*) die mit beachtenswerter Genauigkeit die Leitvermögen von $^1/_{10000}$ bis zu $^1/_{10}$ oder auch $^1/_5$ normaler Konzentration darstellte und die besonders zu dem

[1]) Kohlrausch, Grüneisen.

Zwecke nützlich war, die Ionenbeweglichkeiten im Wasser nach einem einheitlichen Verfahren zu extrapolieren. Diese Formel läßt sich auf die Salze aus zweiwertigen mit einwertigen Ionen noch anwenden, doch treten in den verdünnten Lösungen Abweichungen regelmäßigen Vorzeichens ein (die berechneten Werte sind zu hoch), welche bei einzelnen Salzen bis gegen $^5/_{1000}$ steigen. Die Salze mit zwei zweiwertigen Ionen fügen sich der Formel nicht auf weite Strecken.

Dagegen ließen sich die ersten Teile der Kurven durch die für große Verdünnungen entstehende spezielle Form ausdrücken: $\Lambda = \Lambda_0 - P m^{1/2}$, wo Λ das zur Konzentration m gehörende Äquivalentleitvermögen des Salzes bedeutet. Von den Konstanten P und Λ_0 charakterisiert die erstere die Steilheit des Abfalls von Λ mit wachsender Konzentration; die Zahlen liegen bei Salzen aus ein- mit zweiwertigen Ionen zwischen 140 und 210, bei den Sulfaten der zweiwertigen Metalle zwischen 460 und 560. Λ_0 bedeutet das Äquivalentleitvermögen für unendliche Verdünnung oder die Summe der beiden Ionenbeweglichkeiten im Wasser.

Diese Beweglichkeiten selbst werden

für	$^1/_2$ Ba	$^1/_2$ Sr	$^1/_2$ Ca	$^1/_2$ Mg	$^1/_2$ Zn	$^1/_2$ Cd	$^1/_2$ Cu	$^1/_2$ Pb	$^1/_2\,SO_4$	$^1/_2\,C_2O_4$
gleich	55,5	51,7	51,8	46.0	46,7	47,5	47,3	61,3	68,4	63

Auf 0.5 wird man diese Zahlen aber als unsicher anzusehen haben.

b) Radiumbromid[1]. Unbekannt war bisher das Verhalten des Radiums; man konnte für möglich halten, daß hier besondere Erscheinungen auftreten. Es gelang mittels ganz kleiner Widerstandszellen, mit Aufwendung von 8 *mg* des Bromids, die Kurve zwischen $^1/_{10000}$ und $^1/_{20}$ normaler Lösung zu gewinnen (Anh. Nr. 9).

Das Radiumbromid zeigt hiernach nichts auffallendes, es ähnelt vielmehr sehr nahe dem entsprechenden Bariumsalz. Unter der Annahme des von Frau **Curie** abgeleiteten Atomgewichts 225 erhält man für die Beweglichkeit des Ions $^1/_2$ Ra im Wasser die Zahl 57, also einen nahen Anschluß an die Reihe der Erdalkalimetalle.

c) Magnesiumoxalat[2]. Als ein Körper, der aus den gewohnten Erscheinungen in mehrfacher Hinsicht weit heraustritt, erwies sich das Magnesiumoxalat (Anh. Nr. 7). Während das Äquivalentleitvermögen von unendlicher Verdünnung bis zu 0,2 normal bei den Salzen aus zwei einwertigen Ionen relativ etwa von 1 auf 0,8, bei denen aus einem einwertigen mit einem zweiwertigen Bestandteil auf 0,7, bei den Sulfaten der zweiwertigen Metalle durchschnittlich auf 0,35 sinkt, geht es bei dem Magnesiumoxalat im gleichen Intervall auf etwa den 10. Teil hinunter. Auch der Temperatureinfluß auf das Leitvermögen ist abnorm.

Hervorzuheben ist auf der anderen Seite als eine für die Lösungen wichtige Tatsache, daß hier, ebensowenig wie bei den vorhin genannten Lösungen, sich ein Anhalt dafür zeigte, daß das Gesetz der unabhängigen Beweglichkeit der Ionen im Wasser nicht anwendbar sei.

Nicht weniger merkwürdig als das Leitvermögen sind die Übersättigungserscheinungen der Lösung des Magnesiumoxalats, welches bekanntlich zu den schwer löslichen Salzen zählt. Im Gleichgewichtszustande nämlich nur zu etwa $^1/_{30}$ % löslich ist. Im Gegensatz dazu gestattete ein geeignetes Verfahren, Lösungen bis zu 10 % herzustellen. Aus solcher, also 300-mal übersättigter Lösung begann das Salz natürlich bald auszufallen, aber auch nach 2 Wochen war die Lösung noch $1^1/_2$-fach gesättigt. Eine $^1/_5$ normale Konzentration (etwa 1,2 %) war hinreichend haltbar, um mit ihr die obigen Bestimmungen des Leitvermögens ausführen zu können.

Die beiden Eigenschaften des Salzes, wonach erstens übersättigt gelöste Teile zum Ausscheiden eine lange Zeit gebrauchen, und wonach zweitens schon geringe anwesende Mengen des Salzes ihr Leitvermögen gegenseitig stark herunterdrängen, kann man zusammenfassend als eine große Trägheit des Salzes in Lösung bezeichnen. Als wahrscheinliche gemeinsame Ursache wird die Bildung komplexer Moleküle anzusehen sein. Auch im Verhalten anderer Salze mit mehrwertigen Komponenten zeigt sich die Neigung hierzu,

[1]) Kohlrausch, Henning.

[2]) Kohlrausch, Mylius.

insbesondere auch bei anderen Oxalaten und Magnesiumsalzen. Welche inneren Ursachen dafür in diesen Bestandteilen liegen und wie sie dazu führen, daß beide zusammen auftretend Wirkungen veranlassen, deren Größe so weit aus allem sonstigen heraustritt, ist eine wichtige Frage.

d) Löslichkeit schwer löslicher Salze[1]).

Die nunmehr erzielte Kenntnis des Leitvermögens von Lösungen verschiedenartiger Salze gestattete, aus den früher beobachteten Leitvermögen gesättigter Lösungen schwerlöslicher Salze die Zahlen für die Löslichkeiten selbst, wenigstens für die mittlere Temperatur von 18°, zu berechnen (Anh. Nr. 8).

4. Störungsfreies Torsionsmagnetometer[2]).

Die Beschreibung der tragbaren Form des Instruments ist veröffentlicht (Anh. Nr. 11). Versuche, bei diesem Apparat ein leichteres Magnetsystem anzuwenden, führten wegen der Störung durch mechanische Erschütterungen zu keinem befriedigenden Ergebnis. Zur Steigerung der Empfindlichkeit wird übrigens bei dem Torsionsmagnetometer eine äußere Astasierung in ähnlicher Weise dienen können wie bei einer einzelnen Magnetnadel. Natürlich werden dann, ebenso wie bei dieser die Deklinationsschwankungen, hier etwaige an den beiden Orten der Nadel vorhandene Störungsunterschiede sich stärker bemerklich machen.

Die Beobachtungen mit dem größern Magnetsystem sind ausführlich veröffentlicht. Bei dieser Gelegenheit sind auch die mit der Ausdehnung des Betriebes allmählich wachsenden Störungen durch die Straßenbahn in der Reichsanstalt und die Störungen an zahlreichen anderen Stellen in Berlin behandelt. Es mag hier noch angemerkt werden, daß in der Reichsanstalt magnetische Störungen von seiten des elektrischen Betriebs der Untergrundbahn neben den übrigen Störungen nicht nachweisbar auftraten (Anh. Nr. 12).

III. Strahlung.

A. Temperaturstrahlung.

Erweiterung der strahlungstheoretischen Temperaturskale[3]).

Die in Aussicht genommenen Versuche zur Erweiterung der strahlungstheoretischen Temperaturskale wurden in zwei Richtungen gefördert. Erstens wurde der äußeren Anordnung des Kohlekörpers eine neue Form gegeben, und zweitens wurde die Genauigkeit der spektralbolometrischen Einrichtungen einer Prüfung unterzogen.

a) Umkonstruktion des Kohlekörpers.

Für die Umkonstruktion des Kohlekörpers war die Absicht maßgebend, durch besseren Schutz gegen äußere Wärmeabgabe eine Stromersparnis zu erzielen und gleichzeitig ein bequemes Zusammensetzen des Apparates zu ermöglichen. Die neue Form des Kohlekörpers wird von Hrn. H. Boas in Berlin ausgeführt, der auch bei der Konstruktion tätig mitgewirkt hat.

Das Strahlungsrohr und das dieses umgehende Schutzrohr aus Kohle sind im wesentlichen unverändert geblieben. Dagegen wird der Strom nicht mehr durch metallene Klemmbacken dem Kohlerohr zugeführt, sondern durch große Kohlescheiben, welche durch Schrauben in einem Stahlrahmen festgeklemmt werden. Das Ganze ruht in einem geschlossenen Blechkasten, dessen freier Raum vollständig mit Kohlepulver ausgefüllt ist. Leider konnten wegen der Erkrankung Prof. Lummers noch keine Versuche mit diesem Körper angestellt werden.

Vorversuche mit einem schwarzen Körper aus Nernst-Masse gaben bisher kein günstiges Resultat.

Von der Erprobung eines Körpers aus Iridium wurde abgesehen, da nach anderweitig gemachten Erfahrungen die Verdampfung dieses kostbaren Materials bei hohen Temperaturen sehr störend ist.

b) Prüfung der mit dem Spektralbolometer erreichbaren Genauigkeit.

Es wurde eine ausgedehnte Versuchsreihe angestellt, um zu prüfen, innerhalb welcher Grenzen die mit dem Spektralbolometer erhaltenen Resultate variieren, wenn Änderungen in der Anordnung und Justierung der Apparate vorgenommen werden. Es wurden abwechselnd zwei verschiedene Spalte, zwei Bolometer und zwei Flußspatprismen benutzt und stets die gleiche Energiekurve der schwarzen Strahlung aufgenommen. Es ergab sich, daß alle verschiedenen Anordnungen das gleiche Resultat lieferten, wenn nur die Justierung

[1]) Kohlrausch.
[2]) Kohlrausch, Holborn, Henning.
[3]) Lummer, Pringsheim.

der Apparate mit genügender Sorgfalt ausgeführt wurde. Dabei übertraf die erreichte Genauigkeit noch die der früheren Versuche.

Als Gesamtresultat aller Versuche zeigte sich eine praktisch vollkommene Übereinstimmung der beobachteten Energiekurven der schwarzen Strahlung mit der durch die Planck sche Gleichung geforderten Gestalt.

B. Leuchten infolge Lumineszenz.

1. Einfluß von Gefäßwänden auf die geschichtete Entladung in Wasserstoff[1].

Die im vorjährigen Bericht erwähnten Messungen der Entladung in Wasserstoff wurden abgeschlossen und veröffentlicht (Anh. Nr. 13). Es stellte sich heraus, daß die Distanz der Schichten nicht nur vom Druck und der Stromdichte, sondern auch von der Größe des Querschnitts der (zylindrischen) Strombahn abhängt. Die quantitativen Beziehungen sind verwickelt und lassen sich nicht in einfache Formeln kleiden. Im Anschluß an diese Versuche wurde eine Hypothese zur Erklärung der geschichteten Entladung aufgestellt, welche mit den Beobachtungen gut im Einklang ist und das Verständnis vieler Phänomene der Entladung durch Gase erleichtert.

2. Cadmiumamalgamlampe aus Quarzglas[2].

Der Forderung nach einer intensiven Lichtquelle, welche feinste Spektrallinien aussendet, wird durch die bekannte Quecksilberlampe zwar genügt, indessen sind die Lücken im Spektrum dieser Lampe sehr große. Es wurde deshalb versucht, die mit Cadmiumamalgam gefüllte Lampe (vgl. Gumlich, *diese Zeitschr.* **17.** *S. 147. 1897;* **24.** *S. 120. 1904* [Anh. Nr. 41]) haltbar zu gestalten an Hand der von der Firma W. C. Heraeus in Hanau hergestellten Lampengehäuse aus Quarz. Das Ergebnis dieser Untersuchung wurde veröffentlicht (Anh. Nr. 16).

3. Einwirkung der Erregungsart auf die Struktur der feinsten Spektrallinien[3].

Wenn man Geißlersche Röhren nicht mittels der gewöhnlichen Glimmentladung, sondern mit den Schwingungen eines elektrischen Schwingungskreises erregt, so erfährt die Struktur der feinsten Spektrallinien eine durchgreifende Änderung. Man fand mittels des Interferenzspektroskops, daß sich sämtliche Spektrallinien, die zur Beobachtung gelangten, verbreiterten. Dieses gemeinschaftliche Verhalten der Linien von fünf verschiedenen Stoffen (Hg, Na, A, He, H) legt auch eine gemeinschaftliche Erklärungsursache nahe, die vielleicht in der Steigerung der Temperatur des strahlenden Gases bei Erregung durch Schwingungen zu suchen ist. Eine vorläufige Mitteilung hierüber wurde veröffentlicht (Anh. Nr. 14).

Abteilung II.

I. Präzisionsmechanische Arbeiten[4].

Prüfungs- und Beglaubigungsarbeiten.

Im Berichtsjahre wurden geprüft:

Teilungen auf Silber, Stahl, Neusilber	20
Endmaße	34
Kaliber-Bolzen, -Ringe u. dgl.	16
Meß- und Teilschrauben	4
Normale für Mechanikergewinde	65
Andere Gewinde	8
Stimmgabeln für den internationalen Stimmton	43
„ anderer Tonhöhe	7
Teilkreis	1

Unter den Stimmgabeln für den internationalen Stimmton befanden sich zwei Stück, welche bereits früher beglaubigt worden waren; die eine davon, aus dem Jahre 1894, war inzwischen neu poliert worden, es ließ sich also nicht mehr feststellen, ob sich ihre Tonhöhe mit der Zeit geändert hatte; die andere, aus dem Jahre 1888, war um rund 3 Schwingungen tiefer geworden; sie zeigte starken Rostansatz und ihre Zinken waren merklich verbogen.

Der untersuchte Teilkreis war für ein Spektrometer bestimmt, sein Durchmesser betrug 27,5 *cm*, die Teilung schritt von 5' zu 5' fort. Um die Prüfung auszuführen, wurde der im Tiefraum des präzisionsmechanischen Laboratoriums aufgestellte Wanschaffsche Kreis-

[1] Lummer, Gehrcke.
[2] Lummer, Gehrcke.
[3] Lummer, Gehrcke.
[4] Leman, Blaschke.

untersucher benutzt. Der Apparat steht auf einem Pfeiler des Betonblockes, sodaß die Bewegungen der Beobachter ihn nicht erschüttern; die Beleuchtung erfolgt durch Gasglühlicht, das etwa 3 *m* entfernt ist. Die Untersuchung des vorliegenden Kreises geschah auf Wunsch so, daß die angegebenen Zahlenwerte sich nicht auf die Teilstriche selbst, sondern auf eine ideelle Mittellinie zwischen je einem Teilstriche und dem einen seiner Nachbarstriche bezogen.

Da bei dem beteiligten Publikum noch vielfach Unklarheit über den Einfluß der Temperatur bei feineren Messungen herrscht, hielt der Vorsteher des präzisionsmechanischen Laboratoriums über das angedeutete Thema einen Vortrag im Verein zur Beförderung des Gewerbefleißes. Dabei ließen sich auch noch andere Punkte berühren, die für die messende Werkstattpraxis Wichtigkeit haben (Anh. Nr. 36).

II. Elektrische Arbeiten. A. Starkstrom-Laboratorium. 1. Übersicht der Prüfungsarbeiten[1]).

Die im Jahre 1904 geprüften elektrischen Apparate und Materialien sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

I. Meßapparate.	
a) Mit Gleichstrom geprüfte Zeigerapparate für Messung	
der Spannung	32
„ Stromstärke	31
„ Spannung und Stromstärke	33
„ Leistung	45
„ Arbeit (Elektrizitätszähler)	137
des Widerstandes (Ohmmeter)	2
b) Mit Wechselstrom oder Drehstrom geprüfte Zeigerapparate für Messung	
der Spannung	16
„ Stromstärke	21
„ Leistung	32
„ Arbeit (einphasiger Wechselstrom)	21
„ Arbeit (dreiphasiger Wechselstrom)	26
„ Phasenverschiebung	1
c) Sonstige Meßapparate.	
Vorschaltwiderstände	25
Zeigergalvanometer	1
Isolationsmesser	1
Kondensatoren	16
Induktionsnormale	4
Meßtransformatoren	10
II. Motoren und Transformatoren.	
Motor	1
III. Materialien.	
Untersuchung auf Isolationseigenschaften	
feste Materialien	5 Sorten
Lacke und Öle	3 „
Porzellanisolatoren und Isolierrohre	10 „
Leitungen	12 „
Isolierzange	1 Stück
IV. Sonstiges.	
Steckkontakte	1 Stück
Sicherungen	12 „

[1]) (Karlbaum), Orlich, Reichardt, Gehrcke (Kühns, G. Schulze), Rose, Janzen (Zimmer, Malmström), Vollhardt, Oldiges, Giebe, H. Schultze.

Unter den oben genannten Apparaten befinden sich 5 für elektrische Prüfämter bestimmte Zeigerapparate.

Außer den in der vorigen Tabelle enthaltenen laufenden Arbeiten sind ausgeführt die experimentellen Arbeiten für die Systemprüfung von 4 Zählersystemen (2 für Gleichstrom, 2 für Wechselstrom), vgl. unter *II C*.

2. Verhalten der Zähler im praktischen Betriebe. Die Erprobung von Zählern im praktischen Betriebe ist fortgesetzt und größtenteils abgeschlossen; es werden z. Z. nur noch Messungen an einigen Zählern ausgeführt, die ebenfalls in nächster Zeit abgebrochen werden.

Im ganzen sind 154 Apparate 2 bis 3 Jahre lang beobachtet worden; die Resultate sind den betreffenden Firmen mitgeteilt worden, werden aber nicht veröffentlicht. Im großen und ganzen haben sich die Wechselstromzähler besser bewährt als die Gleichstromzähler. Diese Arbeiten gaben Gelegenheit, die wichtigsten im praktischen Betriebe vorkommenden Störungen kennen zu lernen. Sie ließen ferner das auch für Prüfämter wichtige Verfahren bei Prüfungen an Ort und Stelle auffinden und ermöglichten, eine für derartige Prüfungen zweckmäßige Ausrüstung herzustellen.

3. Elektrometrische Untersuchungen[1]. Das Quadrantelektrometer wurde bei Leistungsmessungen in der sogenannten Quadrantschaltung[2] verwandt. Diese Messungen erfahren dadurch eine unbequeme Komplikation, daß die Maxwellsche Konstante $\frac{D}{b}\left(\frac{\text{Nadelpotential} \times \text{Quadrantenspannung}^{3)}}{\text{Ausschlag}}\right)$ sich in der Regel mit der Größe des Nadelpotentials ändert. Deshalb wurde diese Abhängigkeit für verschiedene Abstände der Nadel von den Quadrantenflächen untersucht.

Die Versuche wurden mit drei verschiedenen Nadeln ausgeführt, von denen zwei die Form eines Biskuits *mit* Ausschnitten, die dritte eines solchen *ohne* Ausschnitte hatte. Die Nadeln wurden innerhalb der Quadranten allmählich von den oberen Quadrantenflächen zu den unteren gesenkt; in den einzelnen Lagen wurde jedesmal die Abhängigkeit des D/b von der Nadelspannung bestimmt. Mit wachsender Spannung nahm D/b in der oberen Hälfte ab, in der unteren zu, dazwischen befand sich etwa in halber Höhe eine Lage, wo es von der Nadelspannung unabhängig war. Wurde nunmehr die Schachtel um einen Längsdurchmesser der Nadel als Achse gedreht, wodurch die Einstellung auf Symmetrie nicht gestört wurde, so war es zu erreichen, daß D/b in allen Nadelhöhen mit der Spannung abnahm, und zwar in der oberen Schachtelhälfte stärker als in der unteren.

Wahrscheinlich ist dies Verhalten durch schiefe Lage und Unebenheiten der Nadel sowie Unsymmetrie der Quadranten zu erklären, die für das Auge kaum noch wahrnehmbar sind. Die Untersuchungen werden fortgesetzt.

4. Selbstinduktion von Normalwiderständen[4]. Für die Leistungsmessung von Wechselströmen mittels Elektrometers ist es von Wichtigkeit, die Selbstinduktion kleiner Normalwiderstände zu kennen. Nachdem es gelungen ist, ein hochempfindliches Dolezaleksches Elektrometer für Wechselstrommessungen brauchbar zu machen[5], ist eine elektrometrische Methode angewandt worden, um die Induktanzwirkung kleiner Widerstände zu messen. Dazu werden die primäre Spule eines Lufttransformators T und der zu untersuchende Normalwiderstand hinter einander geschaltet (s. Fig. 2). Die sekundäre, vieldrähtige Wicklung des Transformators T ist mit Nadel und Gehäuse des Elektrometers verbunden; weiter werden die Potentialklemmen des Normalwiderstandes W unter Zwischenschaltung des Kommutators K an die Quadrantenpaare des Elektrometers gelegt, von denen ein Paar mit dem Gehäuse verbunden ist.

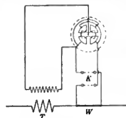


Fig. 2.

[1]) Orlich, H. Schultze.
[2]) Orlich, *diese Zeitschr.* **23.** *S. 103, 111. 1903.*
[3]) *a. a. O.*
[4]) Orlich.
[5]) Vgl. den Tätigkeitsbericht für 1903, *diese Zeitschr.* **24.** *S. 143. 1904.*

Es sei i Augenblickswert des Hauptstromes, M gegenseitiger Induktionskoeffizient des Lufttransformators, W und L Widerstand und Selbstinduktion des Normalwiderstandes, C_v Elektrometerkonstante für das Nadelpotential v (vorher mit D/b bezeichnet), α Ausschlag des Elekrometers beim Kommutieren von K.

Dann ist

$$C_v\,\alpha = \frac{1}{T}\int_0^T M\frac{di}{dt}\left(Wi + L\frac{di}{dt}\right)dt = ML\frac{1}{T}\int_0^T\left(\frac{di}{dt}\right)^2 dt.$$

Bedeutet V den Effektivwert der Sekundärspannung des Transformators, die am einfachsten mit demselben Elektrometer in Doppelschaltung gemessen wird, so ist

$$V^2 = \frac{M^2}{T}\int_0^T\left(\frac{di}{dt}\right)^2 dt,$$

folglich

$$L = \frac{MC_v\,\alpha}{V^2}.$$

Die experimentellen Arbeiten zur Durchführung dieser Methode sind noch nicht beendet.

5. Messung kleiner Phasenverschiebungen[1]).

Das Elektrometer kann auch zur Messung sehr kleiner Phasenverschiebungen benutzt werden (z. B. Verschiebung zwischen primärer und sekundärer Spannung eines Transformators). Sind die beiden Spannungen OV_1 und OV_2 (Fig. 3), deren Phasendifferenz gemessen werden soll, ungleich, so wird die größere OV_2 durch einen sehr großen Widerstand geschlossen und auf diesem ein solcher Bruchteil begrenzt, daß die Spannung an demselben der kleineren Spannung gleich wird, $OV_1 = OV_3$.

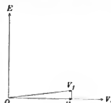


Fig. 3.

Während nun zwei Pole der beiden Spannungen miteinander verbunden werden, werden die freien Enden unter Zwischenschaltung eines Kommutators an die Quadranten eines Elektrometers gelegt. OV_1 und OV_2 werden von der einen Hälfte der im Tätigkeitsbericht für 1901 (*diese Zeitschr.* **22.** *S. 124. 1902*) beschriebenen Doppeldrehstrommaschine erzeugt. Die andere Maschine liefert eine Hülfsspannung E geeigneter Größe, die an Nadel und Gehäuse gelegt wird. Die Phase der letzteren Maschine wird gegen die erstere so lange verschoben, bis das Elektrometer einen maximalen Ausschlag α zeigt. Dann ist für kleine Phasenverschiebungen

$$C_g\,\alpha = E\,V_1\,\varphi$$
$$\varphi = C_g\,\alpha/E\,V_1.$$

Über die Aufnahme von Wechselstromkurven sind folgende Arbeiten ausgeführt worden.

6. Oszillograph[2]).

Der Oszillograph von Blondel wurde geprüft; die von Blondel gemachten Angaben wurden im allgemeinen bestätigt, doch gelang es mit dem vorhandenen Apparate nicht, Eigenfrequenzen des beweglichen Systems größer als 10000 in der Sekunde zu erhalten. Das Arbeiten mit dem bifilaren Oszillographen erfordert ziemliche Übung; die optischen Einrichtungen lassen noch manches zu wünschen übrig, namentlich, wenn das System durch Öl gedämpft wird. Der Apparat wurde benutzt zur Aufnahme der bei Prüfungen zur Verwendung kommenden Wechselstromkurven.

7. Methode zur Bestimmung des Stromverlaufs hochgespannter Wechselströme[3]).

Bei Gelegenheit der Messungen an der geschichteten Entladung in Wasserstoff (vgl. oben *S. 112*) wurde versucht, auf Grund des Hehlschen Gesetzes, welches besagt, daß die vom Glimmlicht bedeckte Fläche der Elektrode proportional der Stromstärke ist, eine Methode zur Strommessung zu gründen. Die Versuche ergaben, daß man in der Tat einen für viele Zwecke sehr geeigneten Strommesser erhält, wenn man ein mit zwei hochpolierten Nickel-

[1]) Orlich.
[2]) Orlich.
[3]) Gehrcke.

elektroden versehenes Geißlersches Rohr anwendet, das mit trockenem Stickstoff von etwa 8 *mm* Druck gefüllt ist.

Besonders für schnelle Wechselströme von geringer Stärke (Größenordnung 10^{-3} Amp.) dürfte sich diese, mit der Braunschen Röhre vergleichbare oszillographische Methode eignen. Eine Reihe photographischer Aufnahmen verschiedener Stromhilder, die die Leistungen des Apparats illustrieren, sind kürzlich in *dieser Zeitschr.* **25.** *S. 33. 1905* veröffentlicht worden. Daß sich die obige Methode auch für die Analyse sehr schneller Schwingungen von der in der drahtlosen Telegraphie gebräuchlichen Frequenz eignet, erscheint nicht ausgeschlossen, bedarf aber noch näherer Untersuchung.

8. Eigenschaften des anodischen Glimmlichts[1]. Im Anschluß an obige Versuche und auf Grund theoretischer Anschauungen wurde die Ansicht wahrscheinlich gemacht, daß auch das an der Anode mitunter zu beobachtende Glimmlicht durch Absorption von Kathodenstrahlen, analog dem negativen Glimmlicht, zustande kommt. Es ergab sich, daß eine weitgehende Analogie zwischen dem anodischen und dem negativen Glimmlicht besteht, speziell gilt das Hehlsche Gesetz auch für das anodische Glimmlicht. Die Verwendbarkeit des anodischen Glimmlichts zu oszillographischen Zwecken dürfte indes wegen der Unschärfe seiner Begrenzung nicht ohne weiteres möglich sein, obgleich wegen der weitaus größeren Helligkeit eine Nutzbarmachung des anodischen Glimmlichts für die Zwecke der Wechselstromanalyse von großem Vorteil sein würde.

9. Verzerrung von Spannungskurven[2]. Durch die Aufnahme von Strom- und Spannungskurven lassen sich die Vorgänge im Anker einer mit einer Magnetisierungsspule belasteten Wechselstrommaschine veranschaulichen. Durch den eigentümlichen Verlauf der Stromkurve und den dieser Stromkurve entsprechenden Spannungsverlust durch Selbstinduktion und ohmschen Widerstand im Anker erleidet nämlich die Kurve der Klemmenspannung der Maschine eine mit der Höhe der Induktion in der Magnetisierungsspule zunehmende Verzerrung.

Bei einer Maschine älterer Konstruktion von Siemens & Halske, deren Anker kein Eisen enthält, und deren Spannungskurve bei Leerlauf sinusförmig ist, wurde, wenn man die Maschine mit einem bewickelten Eisenring belastete, die Kurve der Klemmenspannung unsymmetrisch und mit zunehmender Induktion im Ring spitzer.

Um ein Maß für die Größe der Verzerrung zu erhalten, wurde der Formfaktor der Klemmenspannung für verschiedene Induktionen im Eisenring bestimmt. Es ergab sich, daß der Formfaktor mit zunehmender Induktion zunächst langsam und dann etwa oberhalb der Induktion 10 000 bedeutend schneller anwächst. Die Änderung des Formfaktors betrug z. B. bei Hintereinanderschaltung sämtlicher Ankerspulen für eine Induktion von 10000 Kraftlinien etwa 10% und für eine Induktion von 16 000 Kraftlinien etwa 100%.

Nach Einschaltung eines induktionsfreien Widerstandes zwischen Anker und Ring wurde sowohl der Formfaktor der Ankerspannung als auch der Formfaktor der Spannung an den Klemmen der Ringwickelung bestimmt. Der Formfaktor der Ankerspannung nimmt zunächst mit der Induktion zu, fällt aber dann bei höheren Induktionen beträchtlich und kann bei genügend großem Widerstand sogar unter den Leerlaufwert herabgehen. Durch Verminderung der Periodenzahl wird die Abweichung noch vergrößert.

Der Formfaktor der Ringspannung dagegen wird durch den induktionsfreien Widerstand erhöht, und zwar nimmt auch diese Abweichung mit Verminderung der Periodenzahl zu. Ist der induktionsfreie Widerstand nicht eingeschaltet, so hat die Periodenzahl einen unerheblichen Einfluß. Eine Verminderung der Windungszahl des Ringes hat eine Vergrößerung des Formfaktors für dieselbe Induktion zur Folge. Die Versuche, deren Ergebnisse für die Praxis der magnetischen Messungen mit Wechselstrom von Bedeutung sind, werden fortgesetzt.

(Fortsetzung folgt.)

[1] Gehrcke.
[2] Rose.

Referate.

Entfernungsmesser mit Vorrichtung zur fortlaufenden Ablesung von Entfernung und Azimut.

Nach Engineering 48. S. 586. 1904.

Das von der Bethlehem Steel Co. in Bethlehem (Pennsylvania) konstruierte Instrument ist ein fest aufgestellter Entfernungsmesser für Zwecke der Küstenverteidigung (Entfernung nach Schiffen in der Nähe der Küste) mit zwei vollständig getrennten, je für sich auf festem Unterbau aufgestellten Zielfernrohren. Die Entfernung dieser beiden Fernrohre, die Basis des Instruments, die zur Parallaxenmessung der Entfernung dient, beträgt, nach den zahlreichen beigegebenen Zeichnungen zu urteilen, etwa $2\frac{1}{2}$ *m* (eine Angabe darüber fehlt); vor dem rechten Fernrohr befindet sich ein quadratischer Rahmen zur Aufnahme der Seekarte. Die Neuheit der Konstruktion besteht vor allem darin, daß die Entfernungen und Richtungen der beobachteten Ziele kontinuierlich abgelesen und den Geschützen der Batterie mitgeteilt werden, die von dem Entfernungsmesser aus bedient werden sollen. Mit Hülfe von selbstwirkenden Zeigern werden alle Entfernungen zwischen 1000 und 15000 Yards (rund 900 bis 14000 *m*) und alle Richtungswinkel in einem Azimutbereich von etwa 160° erhalten, jene in Abstufungen von 25 Yards, diese in Abstufungen von 2′; diese Abstufungen entsprechen $\frac{1}{4}$ Zoll auf der Entfernungsskale und $\frac{1}{8}$ Zoll auf den Azimuthändern; sie ergeben sich unmittelbar, ohne Benutzung von Nonien, wodurch an Zeit bei der Ablesung gewonnen wird. Die abgelesenen Richtungen und Entfernungen werden den Geschützen fortwährend telephonisch mitgeteilt.

Über die Genauigkeit der Entfernungsmessung mit dem Apparat wird (ohne Vorführung von Versuchszahlen) mitgeteilt, daß die in der mechanischen Ausführung des Instruments begründeten Fehler, selbst für die größten Entfernungen (14000 *m*, s. oben) 10 Yards (9 *m*) nicht zu überschreiten brauchen, „wie durch Proben bewiesen worden ist“. Wenn weitere 10 Yards infolge von Beobachtungsfehlern zugelassen werden, so wären 20 Yards (rund 18 *m*) „der größte Fehler der Entfernungsangaben des Instruments unter gewöhnlichen Umständen“. Ob unter diese „gewöhnlichen Umständen“ beim angegebenen Maximalfehler z. B. das Feuer aus mehreren Geschützen in nicht zu großer Entfernung von dem Instrument gerechnet werden darf, ist dem Ref. zweifelhaft.

Das allgemeine Prinzip des Apparats ist, wie bei zahlreichen ähnlichen Konstruktionen, das, daß an der rechten Fernrohrstation mechanisch ein Dreieck hergestellt wird, das dem Dreieck: rechtes Fernrohr, linkes Fernrohr, Ziel ähnlich ist; die Spitze dieses kleinen Dreiecks bezeichnet zugleich in der Seekarte auf dem bereits genannten Rahmen die Stelle des Ziels. Die mechanische Ausführung des Instruments ist ziemlich kompliziert, aber die Handhabung soll einfach sein; sie verlangt vier Beobachter. *Hammer.*

Das Mikrophotoskop (Generalstabskartenlupe).

Sonderabdruck aus „Kriegstechnische Zeitschrift 1905, Heft 1“. gr. 8°. 12 S. mit 3 Fig. Berlin, E. S. Mittler & Sohn 1905.

Die Abhandlung beschreibt eine Einrichtung zur Beseitigung der Übelstände (und für militärische Zwecke vor dem Feind, der Gefahren), die die Benützung topographischer Karten bei Nacht oder bei schlechtem Wetter mit sich bringt. Mit Hülfe der neuen Kartenlupe werden kleine Karten in der Form von etwa 20 *qcm* (5×4 *cm*) großen Diapositiven betrachtet, die an die Stelle der großen Papierkartenblätter treten. Das Mikrophotoskop kann bei Tag und bei Nacht gebraucht werden, im zweiten Fall liefert die notwendige Beleuchtung ein durch eine Trockenbatterie gespeistes Glühlämpchen. Wenn die Einrichtung bequem ausfallen sollte, so mußte der Lupe *starke* Vergrößerung, nämlich der Lupenkarte möglichst kleines Format gegeben werden können. Die Lupe hat jetzt $13\frac{1}{2}$-fache Vergrößerung erhalten, und weiter zu gehen, scheint nicht möglich, übrigens auch nicht notwendig zu sein.

Schon für die gewählte Vergrößerung hat die Herstellung einer zur Anfertigung der kleinen Kartendiapositive genügend kornfreien Emulsion große Schwierigkeiten bereitet, die aber jetzt sämtlich als beseitigt gelten können. Das Diapositiv liegt sehr gut geschützt zwischen zwei Glasplatten. Die Lupe ist selbstverständlich für das Auge des Beobachters einzustellen und ferner über die Fläche des Kartendiapositivs verschiebbar; bei einer bestimmten Stellung der Lupe sind auf dem Diapositiv eines Blattes der Karte des Deutschen Reichs (1 : 100000) etwa 175 *qkm* auf einmal lesbar. An Diapositiv-Lupenkarten sollen zunächst die Blätter der Karte des Deutschen Reichs 1 : 100000, später auch die wichtigsten fremden topographischen Karten hergestellt werden. Auf den Diapositiven wird ein Quadratmaschennetz mit Seiten, die $2^1/_2$ *km* Feldlänge entsprechen, durchgezogen, sodaß leicht überall Strecken- und Flächenschätzung möglich ist. Der Preis des Instruments für Tag- und Nachtgebrauch mit 6 Diapositiven und 1 Ersatzbatterie ist vorläufig 25 M. Alles weitere ist vom Erfinder, Dr. O. Vollbehr, Halensee-Berlin, Kurfürstendamm 130, oder von der durch ihn vertretenen „Mikrophotoskop-Gesellschaft“ zu erfragen. *Hammer.*

Experimentelle Untersuchungen über das Verhalten des Trägheitskoeffizienten der ventilierten Thermometer unter variablem Druck des aspirierenden Mediums.

Von J. Maurer. *Meteorolog. Zeitschr.* **21.** *S. 489. 1904.*

Die Untersuchungen über das Verhalten von Thermometern, welche rasch wechselnden Temperaturen ausgesetzt sind, haben für die Erforschung der Atmosphäre mit Registrierballons große Bedeutung erlangt. Wird der Ballon schnell durch verschieden temperierte Luftschichten geführt, so hat man zu der registrierten Temperatur ein Korrektionsglied hinzuzufügen, bestehend aus dem „Trägheitskoeffizienten“ multipliziert mit dem zeitlichen Differentialquotienten der Temperatur. Dieser Trägheitskoeffizient ist gleich dem Quotienten aus dem Wasserwerte des Thermometerkörpers und dessen äußerer Wärmeleitfähigkeit berechnet für seine ganze Oberfläche, er ist daher in erster Linie eine Funktion der Aspiration und der Luftdichte[1]).

Eine sichere experimentelle Bestimmung der Abhängigkeit des Trägheitskoeffizienten eines ventilierten Thermometers von der Luftdichte fehlte bisher, da es nicht gelungen war, einen Thermographen unter der Luftpumpe bei verschiedenen Drucken einwandfrei zu aspirieren. In der Praxis wird versucht, den Trägheitskoeffizienten möglichst klein zu machen, und es ist dies bisher am vollkommensten bei dem Hergesellschen Rohrthermographen[2]) zur Ausführung gekommen, aber es war zweifelhaft, ob man hier den Einfluß der Luftdichte unberücksichtigt lassen könne. Hr. Maurer hat daher die experimentelle Prüfung wieder in Angriff genommen und die Aufgabe in den wichtigsten Punkten gelöst. Als Vakuumpumpe diente hierbei die 110-pferdige Compoundmaschine des Maschinenlaboratoriums des Züricher Polytechnikums, die, mittels eines Gleichstromgenerators angetrieben, eine Saugwirkung bis zu 32 *l* pro Sek. vertrug. Dadurch war es möglich, binnen weniger Sekunden ein sehr nahe konstantes Vakuum bis zu 50 *mm* Quecksilberdruck herunter herstellen zu können.

Die Versuchsanordnung war im wesentlichen folgende. Ein Aspirationsthermometer, dessen Trägheitskoeffizient bei gewöhnlichem Druck und normaler Ventilationsgeschwindigkeit (4 *m*/Sek.) mit demjenigen des Hergesellschen Ballonthermometers nahezu identisch war, wurde in ein 3 *cm* weites dünnwandiges Ventilationsrohr achsial eingesetzt; war das Thermometer durch eine es umgebende elektrisch erwärmte Drahtspirale hinreichend vorgewärmt, war alsdann die Drahtspirale ausgeschaltet und hinter einen Asbestschirm hochgezogen, so wurde die Ventilation durch Öffnen eines Drosselhahns eingeleitet. Die kräftige Saugwirkung der Pumpe ließ fast momentan den gewünschten Druck im Ventilationsrohr erreichen. Es wurde nun unter fortdauernder konstanter Ventilation die weitere Abkühlung

[1]) Vgl. *diese Zeitschr.* **17.** *S. 14. 1897;* **18.** *S. 55. 1898.*
[2]) Vgl. *diese Zeitschr.* **23.** *S. 312. 1903.*

in bestimmten Zeitintervallen, dnrchscbnittlich alle 10 Sek., bis nahe znm stationären Zustand verfolgt. Die mittlere Temperatur des ventilierenden Stromes wurde gesondert ermittelt. Die durchstreichenden Lnftqnanta wurden an einem Seknndenschläger genau gemessen und quantitativ so lange reguliert, bis die gewünschte Strömungsgeschwindigkeit von 4 m/Sek. erreicht war.

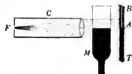
Aus den Versnchen ergab sicb: der Trägheitskoeffizient eines mit 4 m/Sck. ventilierten Thermometers nimmt von normalem Drnck bis 400 mm nnr sehr langsam zn (bei dem untersuchten Exemplar von 0,34 bis 0,37); von da an erfolgt die Zunahme etwas rascher, um erst bei den höchsten erreichten Verdünnnngen (etwa 80 bis 60 mm) das Doppelte des ursprünglichen Wertes zu erreichen. Auf die Praxis übertragen folgt hieraus, daß bei den größten von Registrierballons gewonnenen Höhen (ungefähr 20000 m) die Trägbeitskorrektion des Hergesellscben Thermographen noch etwa 2° betragen kann. Die weiteren Betrachtungen des Verf. führen dahin, daß es einstweilen nicht möglich ist, theoretisch eine Formel abzuleiten, welche den Trägheitskoeffizienten als Fnnktion der Luftdichte, Ventilation, Temperaturleitfähigkeit u. dgl. darstellt, sondern daß weitere experimentelle Untersuchungen nötig sind. Denn der Trägbeitskoeffizient ist nicht eine Funktion der Luftmasse allein, die in der Zeiteinheit durcb Ventilation vorbeigeführt wird, sondern neben der spezifischen Wärme des ventilierenden Mediums kommt auch die Temperaturleitfähigkeit des Thermometerkörpers und seiner Umgehung in Betracht. Schon bei etwa 200 mm Druck hat die Temperatnrleitfähigkeit der Luft diejenige unserer besten metallischen Leiter nahezn erreicht. Dadurcb wird das Anwachsen des Trägheitskoeffizienten mit abnebmender Luftdichte verlangsamt. Zudem kommen noch Veränderungen des Znstandes der Oberflächenscbicht des ventilierten Thermometers nnd der Feuchtigkeit der Umgebung in Betracht. Diesbezüglicbe Experimente werden vom Verf. in Aussicht gestellt.

Anhangsweise wird einiges über die Tätigkeit der Schweizer Registrierballon-Station in Zürich mitgeteilt. Man beteiligt sich dort regelmäßig an den internationalen Simultanaufstiegen und arbeitet dabei mit Aßmanns Gummiballons und Hergesells Barotbermographen. Die Vorzüge des Rohrthermometers vor Bimetallthermometern werden ausführlich erörtert, ferner wird daranf hingewiesen, daß znr Druckmessnng in der Höbe die Bonrdon-Röhre der Aneroiddose vorzuziehen ist. Aucb betreffs der Temperaturkompensation ergaben diese Bourdon-Röhren ausgezeichnete Resultate; bei einem Exemplar änderte sich die Korrektion zwiscben + 20° und — 65° nur nm 0,5 mm und blieb von da ab bis — 80° konstant. Hr. Maurer selbst hat schließlicb die Uhrwerke wesentlich dadurch verbessert, daß er den Guillanmeschen Nickelstahl „Invar" verwenden ließ. Während bisher die Uhrwerke meist stehen blieben, sobald die Temperatur unter — 50° sank, arbeiten die neuen Werke bis zu — 70° ohne Unterbrechung. Anch die Gaogkorrektionen sind bei den Nickelstahl-Uhren erheblich geringer; sie hetragen nur etwa den achten Teil der Korrektionen der alten Werke. *Sg.*

Ablesung großer Quecksilberoberflächen.

Von A. Berget. *Compt. rend.* ***140.*** *S. 79. 1905.*

Ist M (vgl. die Figur) die einzustellende Quecksilberoberfläche, so läßt man dnrch einen horizontal gerichteten Kollimator C mit engem Spalt F ein Strahlenbündel so auf das Quecksilberrohr fallen, daß das Qnecksilbernlveau nahezu in halber Höhe des Strahlenbündels sicb befindet; ferner stellt man eine enge, gleichfalls mit Quecksilber gefüllte Kapillare T, etwa ein ungeteiltes Thermometerrobr binter dem Qnecksilbernlveau vertikal auf.



Man beobachtet dann im Rohr T einen bell leuchtenden Faden AB, dessen unteres scharf begrenztes Ende genau in der gleichen Horizontalebene mit der Quecksilberoberfläche von M liegt. Die Einstellung kann also statt auf die Quecksilberoberfläcbe von M auf den Punkt A erfolgen, wofür Verf. die Genauigkeit von 0,01 mm angibt. *Schl.*

Über den Ausdehnungskoeffizienten des Quarzes.

Von H. McAllister Randall. *Phys. Rev.* **20.** *S. 10. 1905.*

Über Ausdehnungskoeffizienten bei niedrigen Temperaturen.

Von H. D. Ayres. *Ebenda S. 38.*

Bemerkung über die Ausdehnungskoeffizienten bei niedrigen Temperaturen.

Von J. S. Shearer. *Ebenda S. 52.*

Alle drei oben zitierten Mitteilungen beziehen sich auf Bestimmungen der Ausdehnung nach der Fizeauschen Methode. In allen Fällen wird eine optische Anordnung benutzt, welche sich von der von Pulfrich in *dieser Zeitschr.* **13.** *S. 373. 1893* beschriebenen nur sehr wenig unterscheidet, nichtsdestoweniger aber in größter Breite auseinandergesetzt wird. Einige Besonderheiten weist die Art der Temperierung des Interferenzapparates auf, auf welche im folgenden nebst den erhaltenen Resultaten kurz eingegangen werden mag. Der Verfasser der ersten Mitteilung beschreibt eine doppelte Art des Aufbaues, von denen er die zweite als die endgültige ansieht; sie allein wird darum auch hier nur betrachtet werden.

Zwei 50 *cm* lange und 8 *mm* starke Porzellanstangen, die oben mittels eines Eisenringes an einem Pfeiler befestigt sind, tragen unten einen Support, auf welchem der eigentliche aus Quarzring, Quarzdeck- und Quarzbodenplatte bestehende Interferenzapparat ruht. Innerhalb der Porzellanstäbe wird der Interferenzapparat von einem 6 *cm* langen Messingzylinder von 7,7 *cm* Durchmesser und 3 *mm* Wandstärke umgeben, der von einem ebensolchen Deckel bedeckt ist. Der Deckel ist in der Mitte durchbrochen und die Öffnung wiederum durch eine Glasplatte verschlossen, sodaß der von oben einfallende Lichtstrahl Zutritt zum Interferenzapparat erhält. Zwei weitere Öffnungen im Deckel dienen zur Einführung der Thermometer, als welche meist ein Platinwiderstands-Thermometer benutzt wurde. Bei einigen wenigen Messungen unter 100° kam außerdem ein Quecksilber-Thermometer zur Verwendung. Die ganze Vorrichtung, einschließlich der Porzellanstäbe, steckt in einem Messingrohr.

Das elektrisch geheizte Temperaturbad besteht aus einem zylindrischen Gußeisenmantel von 23,8 *cm* Höhe, 22 *cm* äußerem Durchmesser und 5 *cm* Wandstärke, der von einem entsprechenden Boden und Deckel abgeschlossen ist. Auf dem Gußeisenmantel ist unter Zwischenschaltung von Asbestlagen und Porzellanisolatoren die Heizspule aufgewickelt; die geschaffenen Hohlräume sind mit wärmeisolierendem Material ausgestopft. Boden und Deckel des Apparates sind ebenfalls nach Möglichkeit gegen Wärmeverlust geschützt. Der Deckel ist abnehmbar und ist, da der Interferenzapparat in seinem Gehäuse zentral in den Hohlraum des Temperaturbades eingeführt wird, in zwei halbkreisförmige Teile zerlegt, welche beim Zusammenschieben das Messingrohr fest umschließen.

Der Verf. hat mit der skizzierten Anordnung eine größere Zahl von Versuchen zur Bestimmung der Ausdehnung des von ihm benutzten Quarzringes, der etwa 10 *mm* hoch und senkrecht zur Achse geschliffen war, angestellt. Die Versuche bewegen sich zwischen Zimmertemperatur und etwa 505° C. und lassen sich zum großen Teil durch zwei für die Beobachtungsintervalle verschiedene Interpolationsformeln zusammenfassen, nämlich bis 250° C. nach der Gleichung

$$l_t = l_0\,(1 + 7{,}170 \cdot 10^{-6}\, t + 0{,}01620 \cdot 10^{-6}\, t^2)$$

und zwischen 250° und 470° durch

$$l_t = l_0\,[1 + 11{,}250 \cdot 10^{-6}\, t + 0{,}0165 \cdot 10^{-6}\,(t - 250)\, t + 0{,}0000566 \cdot 10^{-6}\,(t - 250)^2\, t$$
$$+ 0{,}000000134 \cdot 10^{-6}\,(t - 250)^3\, t].$$

Oberhalb 470° sind die Beobachtungen durch eine Interpolationsformel nicht mehr darstellbar. Die Ausdehnung nimmt hier plötzlich sehr stark zu, was Verf. durch Umwandlungserscheinungen beim Quarz deutet, die auch durch plötzliche Veränderungen anderer Eigenschaften des Quarzes bei Erwärmung auf die genannte Temperatur wahrscheinlich gemacht werden, umsomehr als auch Le Chatelier aus seinen approximativen Bestimmungen der Quarzausdehnung ähnliche Schlüsse zieht. Die Beobachtungen des Verf. im Intervall

0° bis 100° sind in guter Übereinstimmung mit den von Benoit und Scheel gefundenen Werten, wie die folgende Zusammenstellung beweist, in der die Längenzunahme eines Quarzstabes von 1 *m* berechnet ist.

	Zwischen 0° u. 50°	Zwischen 0° u. 100°
Benoit	378,1 μ	796,2 μ
Scheel	377,6 „	795,9 „
Randall . . .	378,7 „	798,0 „

Die an zweiter Stelle genannten Versuche von Ayres sind auf die Benutzung der flüssigen Luft als Kühlflüssigkeit zugeschnitten. Ayres bringt den Interferenzapparat auf engstem Raume begrenzt in einem Metallgefäß unter, dessen obere Fortsetzung durch eine Holzröhre gebildet wird, welche das Metallrohr fest umspannt und durch Reibung festhält. Das Holzrohr, dessen Länge 30 *cm* beträgt, ist oben durch eine Glasplatte abgeschlossen, die luftdicht mit Siegellack aufgekittet wird. Um bei der Abkühlung die Kondensation von Feuchtigkeit auf den spiegelnden Flächen zu vermeiden, führt Verf. in den Innenraum Trockenmittel ein und läßt die bei der Abkühlung von außen notwendigerweise nachtretende Luft ebenfalls erst ein Trockenrohr passieren. Diese Luft strömt in den Hohlraum durch ein kleines Röhrchen im oberen Teile des Holzrohres; wird dieses Röhrchen zugekittet, so ist der Apparat so weit gegen die Außenluft abgedichtet, daß man mit Luftverdünnung arbeiten könnte, doch hat Verf. diesen Teil seiner Versuche nicht mehr beendet.

Hinsichtlich des Interferenzapparates hat Verf. von der Benutzung des neuerdings wiederholt angewendeten Quarzringes als Normalkörper abgesehen. Er konstruierte vielmehr den Ring aus demjenigen Material, dessen Ausdehnung er bestimmen wollte. Zur Messung der Temperatur war der Ring mit einem dünnen Kupferdraht umwickelt, dessen Widerstandsänderung verfolgt wurde. Jedesmal, wenn der Widerstand sich längere Zeit konstant hielt und gleichzeitig keine Änderungen in der Lage des Streifensystems beobachtet wurden, nahm Verf. eine Ablesung vor, wobei er voraussetzte, daß nun die Temperatur des ringförmigen Körpers mit der am Kupferdraht gemessenen Temperatur übereinstimmte.

Zur Abkühlung diente ausschließlich flüssige Luft. Die zwischen Zimmertemperatur und der Temperatur der flüssigen Luft liegenden Wärmegrade erreichte Verf. durch ein mehr oder weniger weites Eintauchen des Apparates in die genannte Kühlflüssigkeit. Eine allzuschnelle direkte Wirkung der flüssigen Luft wurde übrigens dadurch vermieden, daß senkrecht nach unten an den den Interferenzapparat umgebenden Metallmantel zwei Metallstäbe angelötet waren. Beide Metallstäbe waren unten zugespitzt, aber verschieden lang, dabei der kürzere (2 *cm* lang) stärker, der längere (4 *cm* lang) dünner; die beiden Stäbe hatten den Zweck, bei Berührung mit flüssiger Luft durch Wärmeleitung eine langsame Abkühlung des Apparates herbeizuführen, bevor dieser selbst ganz oder teilweise in die flüssige Luft eintauchte.

Der Verf. veröffentlicht am Schlusse seiner Arbeit drei Beobachtungsreihen an Aluminium und zwei an Silber, welche bis zur Temperatur der flüssigen Luft hinabreichen. Zusammenfassende Resultate werden nicht mitgeteilt; es dürfte darum hier kaum ein Interesse bieten, die Einzelwerte anzuführen, umsomehr als Verf. auch keine anderweitigen Angaben über ihren Genauigkeitsgrad macht.

Bei Messungen nach der Fizeauschen Methode tritt eine Korrektion wegen der Veränderungen in dem zwischen den spiegelnden Flächen liegenden Luftraum ein. Diese Korrektion rührt daher, daß bei einer Temperaturänderung — gleichbleibenden Druck vorausgesetzt — auch die Dichte der Luftschicht und damit ihr Brechungsexponent sich beträchtlich ändert. Bei Zimmertemperatur ist der Wert der Korrektion verhältnismäßig gering, bei tieferen Temperaturen, namentlich aber beim Hinabsteigen bis zur Temperatur der flüssigen Luft, wächst er derartig, daß er sogar den beobachteten Betrag der Ausdehnung bezw. Abkühlung übertreffen kann.

Die bei gewöhnlicher Temperatur sicher richtige Berechnung der Korrektion gründet sich auf den Satz vom konstanten Refraktionsvermögen $\frac{n-1}{d}$ = konst., wo n den Brechungsexponenten, d die Dichte eines Gases bezeichnet. Diese Beziehung und damit die Berechnung der Korrektion wird, was ohne weiteres einleuchtet, auch noch richtig bleiben, solange das benutzte Gas noch weit von seinem Kondensationspunkt entfernt ist; ihre Gültigkeit wird aber zweifelhaft, wenn die Luft selbst bis nahe ihrem Siedepunkt abgekühlt wird. Diese Schwierigkeit kann umgangen werden, wenn man, wie es Referent getan hat, in einem anderen Gase (Wasserstoff) beobachtet, welches bei der Temperatur der flüssigen Luft von seinem Kondensationspunkt noch weiter entfernt ist, oder indem man die Beobachtungen im ganz oder nahezu luftleeren Raum anstellt. Den letzteren Weg wollte Ayres einschlagen; diesbezügliche Änderungen an dem von ihm benutzten Apparat gibt er bereits an, doch sind die Versuche selbst aus Zeitmangel abgebrochen.

Entsprechende Beobachtungen sind indessen in letzter Zeit wieder aufgenommen und zwar von F. M. Simpson, über dessen Arbeiten Shearer in der oben an dritter Stelle zitierten Mitteilung berichtet. Die Versuche, die unter einem Druck von 5 *mm* im Versuchsgefäß angestellt waren, haben nun bei Aluminium und Silber nahezu dieselben Resultate ergeben, wie sie Ayres mit Benutzung der Luftkorrektion bei Atmosphärendruck erhalten hatte. Die Beobachtungen Simpsons haben also zu dem wichtigen Ergebnis geführt, daß der Satz vom konstanten Refraktionsvermögen bis nahe an den Kondensationspunkt eines Gases im wesentlichen richtig bleibt und daher die aus ihm abgeleitete Korrektion für Beobachtungen am Fizeauschen Apparat im gleichen Temperaturintervall ihre Gültigkeit beibehält. Die Versuche Simpsons werden jedoch von anderer Seite noch fortgesetzt.

Schl.

Über den Schmelzpunkt des Goldes und die Ausdehnung einiger Gase zwischen 0° und 1000°.

Von A. Jacquerod und F. L. Perrot. *Compt. rend.* ***138.*** *S. 1032. 1904.*

Die Angaben für den als Fixpunkt der Pyrometrie sehr wichtigen Goldschmelzpunkt zeigen noch beträchtliche Abweichungen voneinander (1061° bis 1091°). Die Verf. bestimmen ihn deshalb von neuem mit dem Gasthermometer und schließen daran eine Vergleichung der Ausdehnungskoeffizienten einiger Gase bis zu dieser Temperatur.

Der manometrische Teil des Apparates entspricht dem von Jacquerod und Travers angewandten Gasthermometer mit konstantem Volumen (*diese Zeitschr.* ***25.*** *S. 20. 1905*), nur besteht das Gefäß aus Quarz, dessen Ausdehnungskoeffizient sehr gering und gut bekannt ist. Die Erhitzung findet in einem elektrischen Ofen statt, in den von der einen Seite das Thermometergefäß, von der anderen das Gold in Drahtform eingeführt ist. Dieser Golddraht liegt in einem Wechselstromkreis mit großem Widerstand und Telephon. Das Verstummen des Telephons gibt den Moment des Durchschmelzens an, bei dem dann das Manometer abgelesen wird. Hinreichend langsames Ansteigen der Temperatur bei den letzten Graden ermöglicht es, die maximale Abweichung auf 0,5 *mm* einzuschränken.

Als Messgase wurden verwandt: Stickstoff, Luft, Sauerstoff, Kohlenoxyd und Kohlendioxyd unter verschiedenen Anfangsdrucken, während Wasserstoff wegen seiner Diffusion durch den Quarz ausgeschlossen werden mußte.

Der Schmelzpunkt ergab sich mit Stickstoff bei einem Anfangsdruck von 200 *mm* zu 1067°. Nur wenig abweichende Werte ergeben auch Luft, Sauerstoff und Kohlenoxyd, sodaß auf einen sehr nahe gleichen Ausdehnungskoeffizienten der vier ersten Gase geschlossen werden kann. Dagegen ist die Ausdehnung des Kohlendioxyds zwischen 0° und 1000° zwar etwas kleiner als zwischen 0° und 100°, aber immer noch beträchtlich größer als die der übrigen Gase.

Die Versuche sollten mit Helium fortgeführt werden, doch hat sich inzwischen (vgl. *diese Zeitschr.* ***25.*** *S. 24. 1905*) die Unbrauchbarkeit dieses Gases herausgestellt, weil es durch Quarz hindurch diffundiert.

Hffm.

Zur Bestimmung der Selbstinduktionen von Drahtspulen.

Von A. Heydweiller. *Ann. d. Physik* **15.** *S. 179. 1904.*

Die Methode von Heydweiller gestattet nur eine verhältnismäßig ungenaue Messung der Selbstinduktion; sie ist aber gut anwendbar auf eisenhaltige Spulen, weil man leicht den Einfluß von Periodenzahl und Stromstärke erkennen kann.

Ein Akkumulator wird geschlossen durch einen induktionsfreien Regulierwiderstand, einen induktionsfreien Strommesser für Gleichstrom und die zu untersuchende Spule; vor die Spule ist ein rotierender Umschalter gelegt, dessen Tourenzahl gemessen werden kann. Bei ruhendem Umschalter werde die Stromstärke i_1, bei rotierendem die Stromstärke i_2 beobachtet. Wird nun die Spule durch einen induktionslosen Widerstand gleicher Größe ersetzt, so zeigt der Strommesser bei rotierendem Umschalter den Strom i_3. Bedeutet weiter n die Wechselzahl in einer Sekunde, T die Dauer eines Stromschlusses, w den gesamten Widerstand des Stromkreises, p den gesuchten Selbstinduktionskoeffizienten, so ist

$$T = \frac{i_3}{n\, i_1} \qquad \frac{p}{w\,T}\left(1 - e^{-\frac{w}{p}T}\right) = \frac{i_3 - i_2}{i_3}.$$

$(w/p)\,T$ wird also durch eine transzendente Gleichung gefunden, für die man sich am besten eine Tabelle entwirft.

Werden eisenhaltige Spulen nach dieser Methode gemessen, so liegt eine Fehlerquelle darin, daß der induktionsfreie Ersatzwiderstand ohmisch dieselbe Größe haben soll wie die zu messende Selbstinduktion, während dafür der sogenannte „wirksame“ Widerstand der Spule zu setzen wäre. Insofern wäre es nützlich, mit hoher Spannung und großem Ballastwiderstand zu arbeiten. Dem steht aber eine weitere Fehlerquelle der Methode entgegen, die darin zu suchen ist, daß die Stromunterbrechungen, namentlich solange die Selbstinduktion eingeschaltet ist, nicht exakt erfolgen können. Trotzdem wird die Methode in vielen Fällen, wo es auf große Genauigkeit nicht ankommt, gute Dienste leisten.

E. O.

Eine Studie über das Silbervoltameter.

Von R. E. Gutbe. *Phys. Rev.* **19.** *S. 138. 1904; Bull. of the Bureau of Standards* **1.** *Nr. 1. S. 21. 1904.*

Die Untersuchung bezweckt keine absolute Bestimmung des elektrochemischen Äquivalents des Silbers, sondern eine Vergleichung verschiedener seither angewendeter Typen sowie die Aufdeckung von Fehlerquellen und bringt Vorschläge, wie diese letzteren vermieden und also unzweifelhaft sichere Resultate erhalten werden können.

Verf. macht zunächst unter anderem genauere Angaben über die Behandlung des Voltameters, die für alle Typen die gleiche war. Die Platingefäße wurden vor dem Gebrauche mit Salpetersäure und Wasser gewaschen, bei 160° getrocknet und gewogen, nach dem Versuche 4- bis 5-mal mit kaltem destilliertem Wasser, das nach Richards u. A., im Gegensatz zu warmem Wasser, keine nachweisbare Menge Silber auflöst, ausgewaschen, bis keine Spur von Chorsilberreaktion im Waschwasser mehr bemerklich war. Dann ließ man die Gefäße mit destilliertem Wasser gefüllt über Nacht stehen. Morgens wurden sie auf 160° erwärmt, abgekühlt und gewogen. In demselben Gefäße wurde gewöhnlich erst nach der zweiten Elektrolyse der Silberniederschlag entfernt. Mit besonderer Sorgfalt wurden die beim Auswaschen des Niederschlages abgelösten kleinen Silberteilchen auf kleinen Filtern gesammelt und zu der übrigen Silbermenge hinzugefügt.

Entgegen den Beobachtungen von Lord Rayleigh und Richards bemerkte der Verf. niemals, daß zwischen den Kristallen Mutterlauge zurückgehalten wurde, da sonst die Übereinstimmung der Versuche nicht so gut hätte sein können.

Bei der Wägung wurden alle wünschenswerten Vorsichtsmaßregeln beobachtet. Die Platingewichte waren genau untersucht.

Als Stromquelle diente eine Batterie von 40 Elementen, die zunächst durch einen großen variablen, einen kleinen feiner regulierbaren, einen Normalwiderstand und einen

Widerstand, der möglichst gleich dem von vier Voltametern war, geschlossen wurde. Sobald stationäre Stromverhältnisse eingetreten waren, wurde dieser letztere Widerstand durch vier hinter einander geschaltete Voltameter ersetzt. Anstatt des Stromes wurde die Spannung an dem Normalwiderstande mit dem Kompensationsapparate, zu dessen Kontrolle wiederum ein Westonsches Element mit ungesättigter Lösung diente, gemessen und durch Regulierung des kleinen Widerstandes auf $1 \cdot 10^{-5}$ konstant gehalten. Das Normalelement sowie die für die verschiedenen Stromstärken benutzten Normalwiderstände waren mit den Normalen des *Bureau of Standards* verglichen. Die Zeitdauer des Stromschlusses wurde mittels eines Chronographen in Verbindung mit einer astronomischen Uhr gemessen.

Sechs verschiedene Typen von Silbervoltametern wurden verglichen, deren charakteristische Merkmale und Resultate in der folgenden Tabelle zusammengestellt sind.

Tabelle.

Typus	Gewöhnliche Form	Patterson und Guthe	Leduc	Form mit großer Anode	Richards	Richards, modifizierte Form
Diaphragma	Filtrierpapier	Tonzelle mit porös. Boden, der mit Ag_2O bedeckt ist.	Silberanode, umgeben von Silberkörnern in einer Hülle von Filtrierpapier und Musselin	Poröse Zelle, deren Boden mit granuliertem Silber bedeckt ist, gegen das die Anode gepreßt wird.	Feinporige Zelle, Niveau innen tiefer gehalten als außen durch öfteres Absaug. von Anodenflüssigkeit	Kombination der beiden letzteren: große Anode. Tonzelle mit Silberkristall. aber kein Niveauunterschied
Elektrolyt	20 % $AgNO_3$ neutral	20 % $AgNO_3$ mit Ag_2O gesättigt	20 % $AgNO_3$ neutral	20 % $AgNO_3$	20 % $AgNO_3$ neutral	20 % $AgNO_3$
Mittlerer Fehler in % bei Versuchen mit *demselben* Typus	0,011	0,004	—	0,001	0,004	—
Relative Übereinstimmung in % gegen den Typus von Richards	+ 0,048	+ 0,055	+ 0,057	+ 0,003	± 0	— 0,002

Die erste Zahlenreihe gibt den mittleren Fehler verschiedener Messungen an demselben Voltameter, stellt also die Reproduzierbarkeit des Resultates dar. Die schlechteste Übereinstimmung zeigt hier die alte, übliche Form.

In der zweiten Zahlenreihe befinden sich die mittleren Abweichungen der verschiedenen Typen von der Richardsschen Form. Die Voltameter zerfallen ganz deutlich in zwei Gruppen, von denen die erstere um 0,05 % höhere Werte liefert als die zweite. Die Ursache davon ist die folgende. Alle bisherigen Erfahrungen deuten darauf hin, daß man um so zuverlässigere Resultate erhält, je besser man Anoden- und Kathodenraum voneinander trennt. Die Anwendung von Filtrierpapier ist vollkommen ungenügend und selbst eine poröse Zelle allein vermag noch nicht vollkommen zu schützen. Es muß also an der Anode etwas entstehen, was zur Kathode hinüberdiffundierend dort einen vergrößernden Einfluß auf den Niederschlag ausübt. Man hat zunächst die während der Elektrolyse an

der Anode entstehende Säure verantwortlich machen wollen, jedoch mit Unrecht, da nach den Versuchen von **Leduc** eine schwach saure Lösung sogar zu kleine Werte gibt. Neuerdings nimmt man als Ursache Komplexbildung an der Anode an, und zwar haben dort **Sule** sowie **Mulder** und **Haringa** blauschwarze Kristalle von der Zusammensetzung Ag_7NO_{11} gefunden, die der Verfasser nach Elektrolyse in einer mit Ag_2O gesättigten Lösung bei hoher Stromdichte sogar an der Kathode nachweisen konnte. Da nun durch Schütteln der Anodenflüssigkeit mit Silberkristallen diese letzteren an Gewicht zunahmen, so ist die Störung der Versuche wohl in der unter Silberabscheidung erfolgenden Aufspaltung des Komplexes zu suchen. Um zu verhindern, daß die Anodenflüssigkeit zur Kathode gelangt, bieten sich zwei Wege: 1. man hält, wie es **Richards** tut, das Niveau der Kathodenflüssigkeit dauernd höher als das der Anodenflüssigkeit, sodaß die Strömung immer nach der Anode zu gerichtet ist, oder 2. man bedeckt nach **Guthe** den Boden des Diaphragmas mit granuliertem Silber, wodurch die diffundierende Anodenflüssigkeit soweit von ihrem Gehalt an schädlichem Komplexsalz befreit wird, daß sich keine störende Wirkung mehr bemerkbar macht. Letzteres Verfahren erscheint trotz der guten Resultate nicht ganz unbedenklich, da nach des Verf. eigener Angabe eine gebrauchte Silberlösung selbst nach wochenlanger Berührung mit Silberkristallen noch zu hohe Werte ergab. Aus diesem Grunde ist es auch empfehlenswert, immer frische Silberlösung zu benutzen.

Ob der Niederschlag auf Platin oder Silber erfolgt, ist gleichgültig, und die seither öfters gemachte gegenteilige Erfahrung beruht nach dem Verf. auf der Wirkung der Anodenflüssigkeit auf den Niederschlag.

Die abgeschiedene Menge von etwa 4 *g* Silber war unabhängig von der Stromstärke in dem Intervall von 0,5 bis 1,5 Ampere. Bei kleineren Strömen erhält man zu hohe Werte, und zwar weil, wie der Verf. nachweist, die Zeitdauer der Elektrolyse, die notwendig ist, um die vorher erwähnte Menge Silber zu erhalten, so groß wird, daß die Anodenflüssigkeit trotz aller Vorsichtsmaßregeln doch zur Kathode hingelangt. Der Verf. gibt daher als äußerste Versuchszeit zwei Stunden an.

Setzt man nun den Wert des **Clark**-Elements bei 15° C. gleich 1,434 Volt (in Deutschland wird bekanntlich der Wert $1{,}432_8$ angenommen), so ergeben die Messungen des Verf. das elektrochemische Äquivalent des Silbers zu 1,11683, eine Zahl, die aber nicht den Anspruch hat, als absoluter Wert zu gelten. Zum Schluß gibt der Verf. noch eine Zusammenstellung der bisher gemachten relativen und absoluten Bestimmungen, woraus hervorgeht, daß die gefundenen Werte noch Abweichungen bis zu 2 Promille zeigen.

v. St.

Neu erschienene Bücher.

H. Armagnat, *La bobine d'induction.* 8°. VI, 223 S. m. 109 Fig. Paris, Gauthier-Villars 1905. 5 fr.

Jedem, der sich über Theorie und Praxis des Induktionsapparates und seiner Zubehörteile unterrichten will, kann das vorliegende Buch schon deswegen empfohlen werden, weil sein Verf. sich nicht bloß durch seine theoretischen Arbeiten auf diesem Gebiete einen geachteten Namen erworben hat, sondern auch in einer angesehenen Pariser Werkstatt in leitender Stellung tätig ist. Tatsächlich dürfte denn auch bisher noch kein Werk dieser Art existieren, in welchem speziell die theoretische Seite des Problems so ausführlich und sachgemäß behandelt wird wie hier, während darum doch auch die Praxis nicht vernachlässigt wird. Dies tritt auch schon äußerlich dadurch zu Tage, daß fast genau die erste Hälfte des Werkes sich mit der Theorie, die zweite aber mit der Konstruktion und den Anwendungen des Induktors und Unterbrechers beschäftigt. Unter diese Anwendungen gehören u. a. der **Tesla**-Transformator, die Resonatoren, die Ladung großer Kapazitäten (Telegraphie ohne Draht), die **Röntgen**-Technik sowie endlich die Zündung der Explosionsmotoren bei Automobilen u. s. w. Eine recht vollständige Bibliographie mit kurzer Inhaltsangabe der wichtigsten Werke bildet den Schluß des verdienstlichen Buches.

Daß andererseits im theoretischen Teile des Werkes nicht alle speziellen Anschauungen des Verf. unbedingt gutgeheißen werden können, darf bei der Schwierigkeit des Gegenstandes wohl nicht weiter verwundern; z. B. scheint dem Ref. die Auffassung, daß der Öffnungsfunke erst eine gewisse, sehr kurze Zeit nach der „geometrischen" Unterbrechung des Stromes auftreten soll, nicht wahrscheinlich, da doch an einer Stelle, wo eben noch der Strom in voller Stärke floß, derselbe nicht plötzlich gleich Null werden kann; denn dies würde daselbst eine unendlich große elektromotorische Kraft der Selbstinduktion bedingen. Wenn daher Armagnat in den mit dem Oszillographen aufgenommenen Unterbrechungskurven bei der ersten halben Welle einen Unstetigkeitspunkt festgestellt hat, so dürfte derselbe — wenn er nicht dem Oszillographen zuzuschreiben ist — nicht, wie der Verf. meint, darauf zurückzuführen sein, daß hier der Öffnungsfunke erst *einsetzt*, sondern vielmehr darauf, daß er hier schon *abreißt*; und damit stimmt auch die Beobachtung überein, daß von diesem Unstetigkeitspunkte an die regelmäßige Schwingung im Primärkreise beginnt.

Ferner sei noch erwähnt, daß die vom Verf. auf *S. 59* angezweifelte, zuerst von Klingelfuß gemachte Entdeckung, daß die sekundäre Maximalspannung mit der Zunahme der primären Stromstärke auch bei gleichbleibender Schlagweite stark zunehmen kann, sich in einfacher Weise dadurch bewahrheiten läßt, daß man sekundär zwei gleiche Funkenstrecken parallel schaltet und nun die eine auf konstanter Schlagweite stehen läßt, die andere aber soweit auseinander zieht, wie überhaupt noch Funken in ihr überspringen. Man wird dann finden, daß für sehr starke Primärströme die letztere unter Umständen über doppelt so groß gemacht werden kann wie die erstere: eine Tatsache, aus der zugleich die praktisch wichtige Folgerung zu ziehen ist, daß die in der Regel auf den Induktoren angebrachten Sicherheitsfunkenstrecken keineswegs als ein unbedingter Schutz für den Apparat anzusehen sind, sondern daß bei sehr großer Primärstromstärke die Spannung erheblich höher ansteigt als diejenige, welche zur Erzeugung eines Funkens von der betreffenden Länge eben notwendig ist. Derartige „Überspannungen" scheinen besonders leicht bei sehr schnell anwachsendem Potential vorzukommen, wo gewissermaßen die zunehmende Ionisation der Luft mit der zunehmenden Größe der Spannung nicht gleichen Schritt zu halten vermag. Auch die sich bei Tesla-Apparaten zeigenden, so gegen alle Erwartung hohen Spannungen, von denen der Verf. auf *S. 164* spricht, dürften auf diese Ursache zurückzuführen sein; denn auch hier haben wir es mit ganz außerordentlich schnell anwachsenden Potentialen zu tun. *B. Walter in Hamburg.*

M. d'Ocagne, *Leçons sur la Topométrie et la Cubature des Terrasses, professées à l'École des Ponts et Chaussées.* gr. 8. XI, 225 S. m. 1 Taf. u. 145 Abbildgn. Paris, Gauthier-Villars 1904. 6,50 M.

Der Verf. übergibt hier die Vorträge über den größten Teil der im engern Sinn so zu bezeichnenden *technischen Geodäsie* der Öffentlichkeit, die er an der *École des Ponts et Chaussées* seit 1896 gehalten hat. Sie umfassen die Teile der praktischen Geometrie, die bei Herstellung von Verkehrswegen (Straßen und Wegen, Eisenbahnen, Kanälen), bei der Ausführung von Ent- und Bewässerungen u. s. w. in Betracht kommen. Bei der geringen zu Gebot stehenden Zeit, sagt der Verf., müsse er sich vielfach auf allgemeine Andeutungen beschränken, die aber den Leser in den Stand setzen werden, durch eignes Studium weiter in die Sache einzudringen. Manches ist dabei freilich doch wohl gar zu kurz ausgefallen; z. B. muß sich das „*Nivellement barométrique*" im zweiten Teil (s. u.) an 19 Zeilen genügen lassen.

Über die topometrischen Arbeiten, die als Grundlage der topographischen Karten auszuführen sind und die man nach dem Titel wohl in dem Buch behandelt glauben wird, findet sich überhaupt nicht allzuviel.

Den ersten Teil seines Buchs, die Topometrie (zum Unterschied von der Topographie; mit diesem Wort umfaßt man in Frankreich bekanntlich auch die Horizontalmessungen der niedern Geodäsie), zerlegt der Verf. in drei Abschnitte, von denen der erste die wichtigsten Instrumententeile, der zweite die Lagemessungen, der dritte die Höhenmessungen behandelt.

Bei den Libellen trägt der Verf. wieder seine neue Theorie vor, über die hier berichtet worden ist. An den Kreisteilungen werden stets Neugrade (100 auf den Quadranten; Bezeichnung ^{G}) verwendet, die in Frankreich bei allen geodätischen und topographischen Behörden eingeführt sind. Der Komplementärnonius von Sanguet dürfte auch bei uns beachtet werden; auf die für manche Fälle zweckmäßige Unterdrückung des Nonius (Ersetzung durch ein Strichmikroskop), die in Frankreich durch Lallemand (übrigens schon früher in Italien durch Salmoiraghi) eingeführt und bei uns neuerdings durch Reinhertz-Fennel bekannt wurde, ist aufmerksam gemacht. Von Winkelmeßinstrumenten behandelt der Verf.: Pantometer (m. F. $0{,}06^G$), Graphometer, „Fernrohrgoniometer" (vom Theodolit ohne Höhenkreis nicht verschieden), Bussole und Theodolit, von den Instrumenten zur Absteckung der konstanten Winkel 90°, 180° (auch 45°) die prismatische Kreuzscheibe und das Coutureausche Spiegelinstrument (m. F. $0{,}05^G$). Zur Messung von *Höhenwinkeln* dienen außer dem Höhenkreis am Theodolit besonders Eklimeter und Klisimeter (jene die Höhenwinkel selbst, diese ihre Tangente gebend). Als Werkzeuge zur Entfernungsmessung werden angegeben: 5 *m*-Stangen (bei 50 bis 150 *m* Strecke wird als Genauigkeit $^1/_{3000}$ genannt, eine doch wohl zu allgemein gehaltene Angabe: auf horizontaler, fester, sauberer Meßstrecke ist der unregelmäßige m. F. einer Messung pro *m* ohne weiteres auf ganz wenige Zehntel des Millimeter, der m. F. der Strecke 100 *m* also z. B. auf $0{,}3\sqrt{100} = \pm 3\ mm = {}^1/_{30000}$ der Strecke herabzubringen mit einfach gerade abgeschnittenen 5 *m*-Latten!), ferner Kette und Stahlband (jene soll bei Strecken zwischen 50 und 150 *m* einen relativen m. F. von $^1/_{800}$ bis $^1/_{1000}$, dieses von $^1/_{1500}$ geben). Bei der *optischen* Entfernungsmessung verweilt der Verf. verhältnismäßig ausführlich; das stadimetrische Fernrohr, das Porrosche Fernrohr, das Sanguetsche Diastimometer werden kurz vorgeführt, ausführlicher der Schradersche Tacheograph und das „selbstreduzierende" Tacheometer von Sanguet. Die Anwendung all der genannten Werkzeuge zur Zugmessung und Kleintriangulierung (nur Rückwärtseinschneiden) wird dann aber verhältnismäßig sehr kurz behandelt.

Im Abschnitt Höhenmessung ist bei den feinern Fernrohr-Nivellierinstrumenten selbstverständlich auf das Berthélemysche, beim *Nivellement général de la France* gebrauchte Instrument am ausführlichsten eingegangen; trigonometrische und barometrische Höhenmessung (s. oben) werden nur gestreift.

Die allgemeine Theorie der *„raccordements"* (Verbindung von geraden Linien, bei der Absteckung der Achsen von Verkehrswegen, durch berührende Kreisbögen, mit Zwischenlegung von „Übergangskurven" bei den Eisenbahnen) bildet Kapitel IV; ausführlich sind die Übergangskurven dargestellt, und zwar kubische Parabel (im Anschluß an Lebers bekannte Arbeit), Clothoide (mit eingehenden neuen Zahlentabellen), Lemniskate.

Das V. und VI. Kapitel, die den 2. Teil des Werks zusammensetzen, umfassen die Berechnungsarbeiten beim Trassieren; im Kap. V werden neben der Dupuitschen Roulette zum Addieren von Mittelordinaten auch die Planimeter erwähnt, das Williottesche und mehrere nomographische Verfahren zur Kubatur von Erd- und Felskörpern erläutert; die Aufgaben des Massenausgleichs und des Massentransports sind im Kap. VI auseinander gesetzt.

Der Anhang bietet eine Skizze der Nomographie (nach des Verf. *Traité de Nomographie*, der in *dieser Zeitschr.* **20.** *S. 192. 1900* besprochen wurde, und seinem kurzen *Exposé synthétique*); hier findet sich u. a. noch als Beispiel ein auf die barometrische Höhenmessung sich beziehendes Nomogramm.

Der Ref. zweifelt nicht daran, daß das hier angezeigte Werk von d'Ocagne auch außerhalb Frankreichs Leser finden wird. *Hammer.*

Sammlung Göschen. kl. 8°. Leipzig, G. J. Göschen. Geb. in Leinw. je 0,80 M.

37. J. Klein, Chemie, Anorgan. Teil. 4., verb. Aufl. 175 S. 1904. — 51. O. Th. Bürklen, Formelsammlg. u. Repetitorium d. Mathematik, enth. die wichtigsten Formeln u. Lehrsätze d. Arithmetik, Algebra, algebraischen Analysis, ebenen Geometrie, Stereometrie, ebenen u. sphärischen Trigonometrie, mathemat. Geographie, analyt. Geometrie der Ebene u. des Raumes,

der Differential- u. Integralrechnung. 3., durchgesehene Aufl. 227 S. m. 18 Fig. 1904. — 76. G. Jäger, Theoret. Physik. I. Mechanik u. Akustik. 3., verb. Aufl. 152 S. m. 19 Fig. 1904. — 142. R. Haußner, Darstellende Geometrie. 1. Tl. Elemente; ebenfläch. Gebilde. 2., verm. u. verb. Aufl. 207 S. m. 110 Fig. 1904. — 236. J. Vonderlinn, Schattenkonstruktionen. 118 S. m. 114 Fig. 1904.

Bericht üb. den V. internationalen Kongreß f. angewandte Chemie, Berlin, 2. bis 8. VI. 1903, erstattet vom Präsidenten des Kongresses, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. O. N. Witt u. Dr. G. Pulvermacher. 4 Bde. Lex. 8°. XII, 795 S.; XII, 1021 S.; XII, 1075 S. u. XV, 1156 S. m. Abbildgn. u. 23 (1 farb.) Taf. Berlin, Deutscher Verlag 1904. Geb. in Leinw. 60,00 M.

A. Höfler, Physik m. Zusätzen aus der angewandten Mathematik, aus der Logik u. Psychologie u. m. 230 physikal. Leitaufgaben. Verf. unter Mitwirkg. v. Prof. Dr. E. Maiß u. Prof. Dr. F. Poske. gr. 8°. XXXI, 966 S. m. 981 Fig. u. 12 z. Tl. farb. Taf. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1904. 15,00 M.; geb. 16,00 M.

M. W. Travers, Experimentelle Untersuchung v. Gasen. Mit e. Vorwort v. Sir William Ramsay. Deutsch v. Dr. T. Estreicher. Nach der engl. Aufl. vom Verf. unter Mitwirkg. des Übersetzers neu bearb. u. erweitert. gr. 8°. XII, 372 S. m. 144 Abbildgn. u. 1 Taf. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1905. 9,00 M.; geb. in Leinw. 10,00 M.

L. Kiepert, Grundriß der Differential- u. Integral-Rechnung. I. Tl.: Differential-Rechng. 10., vollständig umgearb. u. verm. Aufl. des gleichnam. Leitfadens v. weil. Dr. Max Stegemann. gr. 8°. XX, 816 S. m. 181 Fig. Hannover, Helwing 1905. 12,50 M.; geb. in Halbfrz. 13,50 M.

H. Abraham, *Recueil d'expériences élémentaires de Physique. Partie II: Acoustique; optique; électricité et magnétisme.* 8°. XII, 454 S. m. Fig. Paris 1904. 5,00 M.

Das vollständige Werk: 2 Teile, 259 u. 466 S. m. Fig. 8,00 M.

B. P. Moors, *Le système des Poids et Mesures des Israélites d'après la Bible.* 8°. 64 S. m. Tafeln u. 6 Stöcken. Paris 1904. 3,50 M.

P. Besson, Das Radium u. die Radioaktivität, allgemeine Eigenschaften u. Anwendungen. Mit e. Vorwort v. Dr. A. d'Arsonval. Deutsch von Dr. W. v. Rüdiger. Mit e. Vorwort v. Dr. A. Exner. gr. 8°. VIII, 115 S. Leipzig, J. A. Barth 1905. 3,60 M.

W. Foerster, Astrometrie od. die Lehre v. der Ortsbestimmung im Himmelsraum, zugleich als Grundlage aller Zeit- und Raummessung. 1. Hft. Die Sphärik u. die Koordinatensysteme, sowie die Bezeichngn. u. die sphär. Koordinatenmessgn. gr. 8°. 160 S. Berlin, G. Reimer 1905. 4,00 M.

H. v. Jüptner, Lehrb. d. physikal. Chemie f. techn. Chemiker u. zum Gebrauche an techn. Hochschulen u. Bergakademien. II. Tl. Chem. Gleichgewicht u. Reaktionsgeschwindigkeit. 2. Hälfte. Heterogene Systeme. gr. 8°. V u. S. 163—358 m. 68 Abbildgn. Wien, F. Deuticke 1905. 4,50 M.

M. Planck, Vorlesgn. üb. Thermodynamik. 2., verb. Aufl. gr. 8°. VIII, 256 S. m. 5 Fig. Leipzig, Veit & Co. 1905. Geb. in Leinw. 7,50 M.

***Bulletin** of the Bureau of Standards.* Hrsg. v. Dir. S. W. Stratton. 8°. Bd. 1. Nr. 1. Washington 1904.

Fischer, *Recomparison of the U. S. Prototype Meter.* — Guthe, *Study of the silver Voltameter.* — Wolff, *International Electrical Units. etc.*

E. Carvallo, *Leçons d'Électricité.* 8°. Mit 208 Fig. Paris 1904. Geh. in Leinw. 8,50 M.

Sir William Ramsay, Moderne Chemie. I. Tl. Theoretische Chemie. Deutsch v. Dr. Max Huth. 8°. V, 151 S. m. 9 Abbildgn. Halle, W. Knapp 1905. 2,00 M.; geb. 2,50 M.

H. Hertz, Üb. die Beziehungen zwischen Licht u. Elektrizität. Vortrag. 12. Aufl. gr. 8°. 30 S. Stuttgart, A. Kröner 1905. 1,00 M.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Kuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied, Dr. **H. Krüss**, Dr. **S. Czapski**.

Redaktion: Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XXV. Jahrgang. **Mai 1905.** Fünftes Heft.

Eine rotierende Quecksilberluftpumpe.

Von
W. Kaufmann in Bonn.

Für eine mich seit langem beschäftigende Untersuchung über Becquerel-Strahlen bedurfte ich einer Luftpumpe, mittels deren ein nicht ganz vollkommen dichter Vakuumapparat mehrere Tage lang in einem Zustande hochgradigster Verdünnung gehalten werden konnte. Von den bisher gebräuchlichen Konstruktionen von Quecksilber-Luftpumpen schienen mir die nach dem Töplerschen Prinzip arbeitenden wegen ihrer stets ziemlich komplizierten Umsteuerungsvorrichtung, die Sprengelschen Pumpen wegen des häufigen Platzens der Fallrohre nicht zuverlässig genug. Dazu kam dann noch als erschwerender Umstand der mangelhafte Druck der Bonner Institutswasserleitung, wodurch die zum Betrieb dienenden Wasserstrahlpumpen sehr ungleichmäßig arbeiteten.

Diese Umstände gaben mir die Veranlassung zur Konstruktion einer *rotierenden Quecksilberpumpe*, deren Betrieb nach kurz dauerndem Vorpumpen mittels Wasserstrahl- oder Ölpumpe einfach durch Rotation, sei es mit der Hand bei kurz dauernden Versuchen, sei es mit Elektromotor (etwa $^1/_{12}$ P.S.) bei Dauerbetrieb, erfolgt. Von anderen mir bekannt gewordenen rotierenden Pumpen (Schulze-Berge, *Wied. Ann.* **50.** *S. 368. 1893*; Florio, *diese Zeitschr.* **24.** *S. 331. 1904*) unterscheidet sich meine Konstruktion in wesentlichen Punkten; vor Quecksilberpumpen gleicher Wirksamkeit des Sprengelschen oder Töplerschen Typus hat sie den Vorteil äußerst geringer Dimensionen und geringen Quecksilberbedarfs (200 bis 250 *ccm*). Ein besonderer Vorteil besteht auch darin, daß das die auszupumpende Luft gegen das Vorvakuum absperrende Quecksilberventil nicht durch den Luftdruck selbst ausgetrieben werden muß, sondern zwangsläufig von selbst ausläuft; die auszupumpenden Luftquanta werden überhaupt gar nicht komprimiert, sondern unter konstantem Volumen ausgetrieben. Hierdurch wird eine vollkommene Pumpenwirkung bis zu den allerhöchsten Verdünnungen hin erreicht. Ferner ist aber auch die Möglichkeit von die Pumpe gefährdenden Quecksilberschlägen bei hohen Verdünnungen selbst dann ausgeschlossen, wenn einmal die Pumpe etwas zu rasch gedreht werden sollte. Jede Gefährdung im normalen Betriebe, wenn nicht gerade das auszupumpende Vakuumgefäß selbst springt, ist durch die Bauart der Pumpe ausgeschlossen. Wenn etwa der Elektromotor stehen bleibt, so bleibt die Pumpe einfach bei dem erreichten Verdünnungsgrad stehen; dreht man bei Handbetrieb einmal zu schnell, so wird dadurch höchstens der Wirkungsgrad etwas beeinträchtigt. Die stillstehende Pumpe kann, da Schlauchverbindungen, die Luft einlassen könnten, nirgends vorhanden sind, mit daran befindlichem ausgepumpten Vakuumapparat wochenlang stehen bleiben und mit Bequemlichkeit aus

einem Zimmer ins andere getragen werden. Zum wieder in Betrieb setzen braucht kein Hahn gestellt, kein Automat reguliert zu werden; man fängt einfach wieder an zu drehen. Das Quecksilber kommt nur mit Glas in Berührung, bleibt also vollkommen rein.

Untenstehende Fig. 1 zeigt die ganze Pumpe in Ansicht nach einer Photographie in etwa $^1/_{10}$ nat. Größe; Fig. 2 zeigt in etwa $^1/_5$ nat. Größe einen Durchschnitt der Hauptteile; nur die weiter unten zu beschreibende Glasspirale ist in perspektivischer Ansicht gezeichnet.

Zum leichteren Verständnis der Wirkungsweise der Pumpe denke man sich zunächst den unterhalb des Zahnkranzes ZZ befindlichen Teil der Pumpe fort und denke sich den auszupumpenden Apparat an der Spitze oberhalb K angebracht und an der Rotation des Ganzen teilnehmend. Dreht man die Pumpe zunächst ein- bis zweimal der Pfeilrichtung entgegen, so läuft mindestens eines der beiden Spiralrohre P_1 P_2 (in Fig. 2 ist der Deutlichkeit halber bloß P_1 vollständig gezeichnet) völlig aus und es besteht Kommunikation zwischen dem Vorvakuum V und dem Hauptvakuum bei K durch die Spirale und die Röhren S_1 und S_2 hindurch. Das Ganze wird nun zunächst bis auf etwa 2 *cm* Quecksilbersäule mittels Wasserstrahl-Pumpe vorgepumpt. Dreht man jetzt die Pumpe in Richtung des Pfeiles mit einer Geschwindigkeit von etwa 20 bis 25 Touren pro Minute im Anfang, bezw. von 10 bis 15 Touren, wenn der Druck unter etwa $^1/_2$ *mm* gesunken ist, so gelangt das Steigerohr U_1 allmählich in seine tiefste Stellung, die vorher das dagegen um 180° versetzte andere Steigerohr U_2 innehatte; dabei steigt das Quecksilber im Rohre auf und sperrt, zum Punkte T_1 gelangend, die Spirale vom Saugrohre S_1 ab. Beim weiteren Drehen treibt dann das Quecksilber die Luft in der Spirale vor sich her in den Raum V hinein. Wenn sich der Punkt T_1 beim Drehen dann wieder über das Quecksilberniveau erhoben hat, dann befindet sich in P_1 eine Quecksilbersäule, die etwa eine halbe Windung der Spirale ausfüllt; die vordere Fläche *2* dieser Säule treibt dann die bereits abgesperrte Luft weiter, die Rückfläche *1* saugt weitere Luft aus dem Saugrohr S_1 nach, bis sich bei weiterem Drehen die Verbindung bei T_1 wieder schließt. Bei jeder Umdrehung wird also ein Luftvolum in die Spirale eingesaugt und dort abgesperrt, das etwa gleich dem Inhalt einer halben Spiralwindung ist. Bei weiterem Drehen gelangt die Quecksilbersäule schließlich an das innere Ende der Spirale bei *4* und läuft dort in das Reservoir R aus. Sowie es ganz ausgelaufen

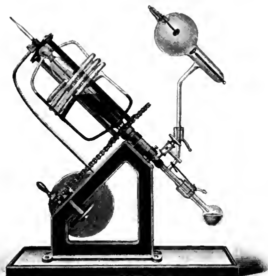


Fig. 1.

ist, strömt zunächst Luft aus dem Vorvakuum V in die Spirale zurück, gelangt aber nur bis zum Punkte *2* der nächsten Quecksilbersäule und wird von dieser zusammen mit der abgesperrt gewesenen Luft ausgetrieben. Da in V ein Überdruck von etwa 2 *cm* herrscht, so wird im letzten Momente des Auslaufens der Säule *3—4* ein Teil des Quecksilbers zurückgeschleudert, wobei manchmal Luftblasen unter die Oberfläche gerissen werden, die dann am Glase haften und bei weiterer Drehung an der Fläche *1* wieder austreten. Ein Zurücktreten in das Vakuum ist jedoch ausgeschlossen, weil in dem Augenblick, wo die Bläschen austreten, sich T_1 bereits wieder unter dem Quecksilberniveau befindet. Das ins Reservoir fallende Quecksilber

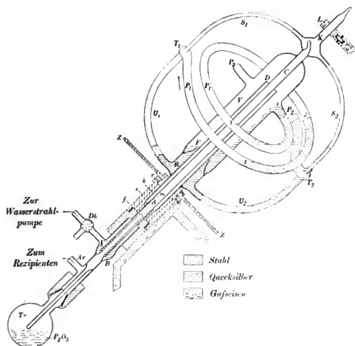


Fig. 2.

reißt auch etwas Luft mit sich; um ein Herabkriechen dieser Luft an der Glaswand zum Steigrohre U möglichst zu verhüten, ist die trichterförmige Luftfalle F angebracht. Da die beiden Pumpspiralen alternierend wirken, so findet ein fast kontinuierliches Ansaugen der Luft statt.

Da ein Mitrotieren des Vakuumgefäßes im allgemeinen nicht statthaft und außerdem, solange der Druck noch mehrere *mm* beträgt, die in V hineingetriebene Luft von dort kontinuierlich abgesaugt werden muß, so ist der soeben beschriebene rotierende Oberteil der Pumpe mit einem feststehenden Unterteil verbunden. Von dem Raume K aus erstreckt sich zunächst ein zentrales Rohr C durch die ganze Pumpe hindurch bis zu dem Barometerverschluß B, sodaß K durch C hindurch mit dem Trockengefäß Tr und dem Ansatzrohr Ar für den Rezipienten kommuniziert; das Außenniveau des Barometerverschlusses befindet sich in dem Raume V', der

einerseits bei richtiger Stellung des Dreiweghahnes *Dh* mit der Wasserpumpe, andrerseits durch den engen ringförmigen Kanal *A* und den sich daran anschließenden weiteren ringförmigen Raum zwischen *C* und dem Mantelrohr *D* mit dem rotierenden Vorvakuum *V* kommuniziert.

Es entstand nun die konstruktive Aufgabe, die Lagerung des rotierenden in dem festen Teile so zu gestalten, daß eine völlige Abdichtung des Vorvakuums gegen die Außenluft erzielt wurde; dabei sollte die Reibung in dem Lager möglichst gering sein. Ich glaubte anfangs, daß die Anwendung von einfachen Schliffen nicht angängig sei, da ich ein Festreiben bei langdauernder Rotation für unvermeidlich hielt. Nach mehrfachen vergeblichen Versuchen mit durch Kugellagerung gegen die Wirkung des Luftdrucks entlasteten Schliffen, sowie mit ledergedichteten Stopfbüchsen gelangte ich doch schließlich zu der Konstruktion eines einfachen mit Quecksilber abgedichteten Stahlschliffs[1]). Der Schliff wurde von Hrn. Mechaniker M. Wolz in Bonn in vorzüglichster Weise hergestellt und hat sich als in jeder Richtung zufriedenstellend erwiesen.

Der glasharte Stahlkonus *k*, in den der rotierende Oberteil der Pumpe mit Siegellack eingekittet ist, ist in eine ebenfalls glasharte Scheide *s* eingeschliffen; durch die vollkommene Politur der Konusflächen ist ein Festreiben selbst dann ausgeschlossen, wenn sich bei längerem Gebrauch alles Schmierfett aus dem Konus herausgerieben hat. Zur völligen Abdichtung nach außen hin dient der ringförmige Raum *r*, der mit Quecksilber gefüllt wird. Damit das Quecksilber nicht oben herausläuft, ist der Spalt zwischen dem zylindrischen oberen Ende von *k* und *s* so eng gemacht (etwa 0,2 *mm*), daß das Quecksilber durch kapillare Depression zurückgehalten wird. Nach längerem Gebrauch der Pumpe reibt sich das Schmierfett aus dem Konus allmählich nach unten, während eine ganz feine Quecksilberemulsion zwischen die beiden Schliffflächen eindringt, die als ganz vorzügliches, die Reibung auf ein Minimum reduzierendes Schmiermittel wirkt. Um ein Herabfallen von unten austretenden Fett-Teilen nach *V'* zu verhüten, ist die Manschette *m* angebracht.

Das ganze Lager ist mittels herumgelegter eiserner Schellen auf einem in Fig. 2 nur angedeuteten gußeisernen Gestell befestigt.

Um den gläsernen Oberteil der Pumpe von dem namentlich an der Einkittstelle sehr starken Biegungsmoment zu entlasten, das die große frei hängende Glasmasse, sowie das darin befindliche Quecksilber ausüben würden, ist noch eine besondere Tragevorrichtung angebracht, bestehend aus zwei ⊥-förmigen gußeisernen Rippen (in Fig. 1 sichtbar), die, von dem Zahnkranz *Z* ausgehend, zwischen den Spiralen und dem Raume *V* hindurch parallel der Pumpenachse verlaufen und oben einen Rohrstutzen *L* tragen, durch den das Rohr *K* zunächst frei hindurchgeht. *L* läuft auf einem Rollenlager, das mit dem Gestell der Pumpe verbunden ist. Da ein genau zentrisches Einkitten der Glaspumpe nicht möglich ist, so wird erst nach fertiger Montierung des Ganzen der Zwischenraum zwischen *L* und *K* mit irgend einer harten Kittmasse ausgegossen. Geschieht dieses Ausgießen bei senkrechter Stellung der Pumpenachse, so ist nachher, wenn die Pumpe in ihrer normalen Stellung sich befindet, der Glasteil gegen Abknickung völlig entlastet und durch das Rollenlager auch der Schliff gegen seitliche Beanspruchung durch das Kippmoment des Oberteils geschützt.

[1]) Ich verdanke Hrn. Kollegen Kreusler in Berlin bezüglich der Konstruktion wertvolle Ratschläge und sage ihm auch hier dafür meinen besten Dank.

Das Einfüllen des Quecksilbers geschieht nach fertiger Aufstellung der Pumpe durch die Spitze des Rohres *K* hindurch, die nachher zugeschmolzen wird.

Die Wirksamkeit der Pumpe wird wohl am besten dadurch gekennzeichnet, daß eine Röntgen-Röhre von 12 *cm* Durchmesser vom Druck der Wasserpumpe (etwa 20 *mm*) an bis zum ersten Auftreten der Röntgenstrahlen in etwa 12 Minuten ausgepumpt wird. Ist die Röhre durch Erhitzen und längeren Stromdurchgang von okkludierten Gasen befreit, so gelangt man in weiteren 5 bis 10 Minuten dazu, daß die Röhre keine Entladungen mehr hindurchläßt. Ein Vergleich mit einer Geißlerschen Pumpe großen Kalibers zeigte, daß diese noch nicht halb so schnell wirkte. Messungen mittels Mc Leod-Manometers habe ich nicht ausgeführt, da ich die Angaben dieses Instrumentes bei sehr hohen Verdünnungsgraden für durchaus unzuverlässig halte; nicht genügend entfernter Wasserdampf und andere Fehlerquellen können da Verdünnungen vortäuschen, die in Wirklichkeit bei weitem nicht erreicht sind. Die Prüfung mittels Röntgenröhre gibt wenigstens der Größenordnung nach vergleichbare Resultate[1]).

Wenn der Druck im Apparat unter 1 *mm* gesunken ist, kann man die Wasserpumpe abstellen. Die ganze Pumpe kann dann beliebig transportiert werden.

Über ein Vakuumthermoelement für Hertzsche Versuche.

Von
Clemens Schaefer in Breslau.

Bei einigen Messungen über selektive Eigenschaften von Resonatorengittern[2]) war ich gezwungen, die Empfindlichkeit der Anordnung so hoch als irgend möglich zu treiben. Da dies mir durch Erhöhung der Galvanometerempfindlichkeit — es wurde ein in Juliusscher Aufhängung befindliches du Bois-Rubenssches Panzergalvanometer mit dem schweren Magnetsystem benutzt — nicht gelang, so blieben noch zwei Möglichkeiten übrig, das gesteckte Ziel zu erreichen, nämlich entweder die vom Hertzschen Sender ausgehende Strahlung zu verstärken oder aber das als Empfänger dienende Klemenčičsche Thermoelement empfindlicher zu machen.

Ersteres hätte einfach dadurch bewerkstelligt werden können, daß man das dem Sender die Energie liefernde Induktorium mit stärkerem Strome speiste; aber dann stellte sich folgender Übelstand ein: durch die Steigerung der Stromstärke wird die Funkenstrecke stark korrodiert und ändert sich dadurch bei ihrer Kleinheit in prozentual sehr erheblichem Maße; damit ändert sich aber auch bei jedesmaligem Stromschluß Intensität und Dämpfung der Strahlung. An *Absorptionsmessungen* ist da nicht zu denken.

Es blieb also schließlich nur noch der eine Weg übrig, die Empfindlichkeit des Klemenčičschen Thermoelements zu vergrößern. Hrn. Lebedew[3]) verdankt man den Hinweis darauf, daß eine sehr erhebliche Vergrößerung der Empfindlichkeit — unter Umständen sogar eine 25-fache — dadurch erzielt werden kann, daß man das Thermoelement in ein Vakuum von 0,01 *mm* oder noch geringerem Drucke bringt; Lebedew selbst hat auch einige Konstruktionen solcher „Vakuumthermoelemente"

[1]) Die Herstellung der Glasteile und den Vertrieb der ganzen Pumpe hat die Firma Geißler Nachf. (Inh. Fr. Müller) in Bonn übernommen.

[2]) *Ann. d. Physik* **16.** *S. 106. 1905.*

[3]) *Ann. d. Physik* **9.** *S. 209. 1902*; vgl. das Referat in *dieser Zeitschr.* **23.** *S. 24. 1903.*

angegeben und mit Vorteil benutzt[1]). Indessen waren diese für den vorliegenden Fall nicht brauchbar, da durch die besondere Art der Untersuchung noch die Forderung hinzutrat, die Wellenlänge, auf die der Empfänger abgestimmt war, variabel zu machen, was bei den Lebedewschen Anordnungen nicht der Fall ist.

Nach mehreren vergeblichen Versuchen ist es mir nun gelungen, ein brauchbares Vakuumthermoelement herzustellen, das im folgenden beschrieben wird.

Ein 25 *cm* langes Rohr aus Jenenser Hartglas (äußerer Durchmesser 27 *mm*, innerer Durchmesser 25 *mm*) wird in der Mitte, wie Fig. 1 zeigt, eingeschnürt, bis die innere Weite nach 20 *mm* beträgt; gleichzeitig wird an dieser engsten Stelle des Rohres an zwei gegenüber liegenden Enden, wie in vergrößertem Maßstabe Fig. 2 zeigt, je ein Loch von 2 *mm* Durchmesser mit einer Stichflamme eingeblasen. Dadurch erhält das Rohr an dieser Stelle das in Fig. 2 angedeutete eigentümliche Profil. Diese beiden Löcher dienen zum Hindurchstecken der beiden Resonatorhälften des Thermoelements, wie aus den beiden Figuren hervorgeht. Nachdem das Rohr soweit angefertigt ist, wird das eigentliche Thermoelement in folgender Weise hergestellt.



Fig. 1. 1/4 nat. Größe.

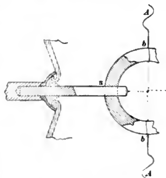


Fig. 2. 2,7-fache nat. Größe.

Ein Hartgummiring von 10 *mm* äußerem, 7 *mm* innerem Durchmesser und einer Dicke von 4 *mm* ist an zwei Stellen, *a* und *a'*, durchbohrt; in die Bohrungen können unter starker Reibung zwei Messingstifte von 1,2 *mm* Durchmesser eingeschoben werden; sie bilden den Resonator des Thermoelements und haben eine Länge von 14 *mm*. An ihre im Innern des Ringes befindlichen Enden sind dann zwei Drähte von Eisen und Konstantan (je 0,02 *mm* dick) angelötet, die in der bekannten Weise verschlungen und dann rechtwinkelig abgebogen sind (in Fig. 2 der Konstantandraht nach oben, der Eisendraht nach unten).

Über die Stellen *b* und *b'* des Ringes sind zwei Messingdrähte *AA* von 0,3 *mm* Durchmesser geschlungen, die die Fortleitung des Thermostromes zu übernehmen haben; die beiden Drähte aus Eisen und Konstantan sind mit ihnen gleich am Ringe verlötet. Da die Fortleitungsdrähte ins Glas eingeschmolzen werden (Fig. 1), so ist an ihrem Ende ein Platindraht von derselben Stärke befestigt.

Das Thermoelement muß nun in das Rohr eingesetzt werden; bei diesem Einziehen, das infolge der Befestigungsart der beiden Messingdrähte *AA* für das Thermoelement völlig gefahrlos ist, steht letzteres schief, da die Gesamtbreite von einem Resonatorende bis zum andern 30 *mm* beträgt, während der innere Durchmesser des Rohres nur 25 *mm* breit ist. Es gelingt aber gerade infolge der schiefen Stellung leicht, zuerst die eine, dann die andere Resonatorhälfte in die oben erwähnten Öffnungen in der Mitte des Glasrohres hineinzubringen, wo sie mit Siegellack verkittet werden. Dann werden die Platindrähte, die an *AA* befestigt sind, am oberen und

[1]) *Wied. Ann.* **56.** *S. 12. 1895.*

am unteren Ende mit dem Glasrohre verschmolzen und zwei in Fig. 1 angedeutete Quecksilberkontakte aufgekittet.

Die Hauptschwierigkeit bei der beschriebenen Ausführung des Thermoelementes besteht darin, die Stellen, an denen die Resonatoren des Thermoelementes in das Glas eingekittet sind, luftdicht zu bekommen. Deshalb wird über die herausragenden Resonatorenden noch eine entsprechend durchbohrte Kugelkalotte aus Glas übergeschoben, die mit dem darunter befindlichen Siegellack verkittet wird (Fig. 2). So ist es mir gelungen, diese Schwierigkeit zu überwinden.

Die Veränderung der Wellenlänge kann nun einfach in der Weise geschehen, daß man über die aus der Glaskalotte herausragenden Enden des Resonators entsprechend durchbohrte Messingstifte von verschiedener Länge schiebt und so den Resonator beliebig vergrößert; die Gesamtlänge desselben ist bekanntlich ungefähr gleich der halben Wellenlänge. Da ohne aufgesteckte Stifte die Länge des Resonators 3 *cm* beträgt, so ist die kleinste Wellenlänge etwa gleich 6 *cm*.

Es fragte sich nun noch, ob nicht dadurch, daß der Resonator zum Teil herausragt, was durch die Forderung der Variabilität der Wellenlänge geboten war, die Empfindlichkeitsvermehrung, die man dem Vakuum verdankt, wieder aufgehoben wird. Indessen ergab der Versuch glücklicherweise, daß dies nicht der Fall war. Man erzielt naturgemäß nicht die Empfindlichkeitsvermehrung, wie sie Hr. Lebedew angibt, nämlich eine 25-fache, aber doch eine etwa 5- bis 10-fache bei einem Vakuum von etwa 0,01 *mm* Quecksilberdruck. Diese Vergrößerung der Empfindlichkeit dürfte für viele Versuche ausreichen und bei andern den Gebrauch eines unempfindlicheren Galvanometers gestatten, wodurch das Arbeiten ja bekanntlich bedeutend erleichtert wird.

Breslau, Physik. Institut d. Universität, den 28. März 1905.

Ein Spezialtheodolit für Zwecke der wissenschaftlichen Luftschiffahrt.

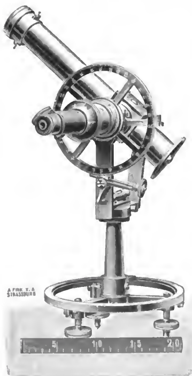
Von
Dr. A. de Quervain in Straßburg.

Bei der Erforschung der freien Atmosphäre wird neuerdings der Bestimmung der Bahn von Registrierballons, auf deren meteorologische Bedeutung ich wohl zuerst mit Nachdruck an Hand praktischer Beispiele hingewiesen habe, besonderes Interesse geschenkt. In der Tat gestattet bei günstigem Wetter die Verfolgung dieser Ballons mit einem geeigneten Theodoliten, dessen Ablesungen mit den barometrischen Höhenregistrierungen des Balloninstrumentes zeitlich kombiniert werden können, von einem Punkt aus die genaue Bestimmung der Richtung und Geschwindigkeit aller atmosphärischen Strömungen vom Erdboden an kontinuierlich bis zu einer Höhe von 16000 *m* und darüber.

An einem völlig geeigneten Visierinstrument fehlte es aber bis jetzt, und es wurde mit Rücksicht auf manche mißlungene Versuche auch die sichere Ausführbarkeit solcher Bestimmungen bisher selbst von kompetenter Seite angezweifelt. Nachdem ich mit gewöhnlichen Theodoliten eine Anzahl solcher Visierungen ausgeführt und später an einem selbstgebauten Versuchsinstrumente einige Modifikationen erprobt hatte, ließ ich nun das in umstehender Abbildung wiedergegebene Instrument konstruieren. Dabei wurde besonders in folgenden Punkten den in der Praxis gewonnenen Erfahrungen Rechnung getragen.

Erstens muß die Ablesung der beiden Kreisteilungen sehr rasch, in wenigen Sekunden geschehen können; denn der Ballon, der besonders zu Anfang seine Winkelpositionen noch sehr rasch ändert, darf nicht aus dem Gesichtsfeld des während der Ablesung stillbleibenden Fernrohrs verschwinden, da er sonst leicht ganz verloren geht. Dementsprechend wurde eine besonders kräftige Kreisteilung in ganze Grade gewählt und statt der Nonien nur ein Index angebracht, der die Ablesung von zehntel Grad, eine im vorliegenden Fall ausreichende Genauigkeit, ohne Zeitverlust gestattet.

Zweitens kommt es oft vor, daß der Ballon im Lauf der Visierungen sich dem Zenit nähert, und daß deshalb mitten in den Visierungen abgebrochen werden muß und der Ballon ganz verloren geht. Deshalb, und um überhaupt für die oft stundenlang dauernden Messungen dem Beobachter die erforderliche Bequemlichkeit zu geben, ist ein Fernrohr mit gebrochener Achse angebracht worden, ähnlich wie bei einem transportabeln Passageinstrument, sodaß das Okular und damit das Auge des Beobachters immer in derselben bequemen Höhe bleibt. Ein besonderes Diopter dient dazu, den anzuvisierenden Gegenstand in das Gesichtsfeld zu bringen. Die Teilung des Höhenkreises konnte so angeordnet werden (auf der Abbildung laufen die Zahlen z. T. verkehrt), daß der am Fernrohr befindliche Beobachter selbst nötigenfalls mit einem einzigen Blick den Höhenkreis ablesen kann, ohne deshalb den Ballon aus dem Auge zu lassen. So braucht der zweite Beobachter nur die Zeit und den Azimutalkreis abzulesen, und die Ablesungen sind im Augenblick gemacht. Das Fernrohr mußte lichtstark sein, ein möglichst großes Gesichtsfeld und dabei doch relativ starke Vergrößerung besitzen, letzteres, um die neuerdings verwendeten kleinen Gummiballons noch bis auf Entfernungen von 30 bis 40 *km* verfolgen zu können. Nach meinen Erfahrungen waren hier diese Forderungen am zweckmäßigsten so zu vereinigen, daß bei einer Objektivöffnung von 42 *mm* ein Durchmesser des Gesichtsfeldes von 1° 30' und eine Vergrößerung von etwa 25 gewählt wurde. Beide Kreise besitzen eine bequeme, schnell wirkende Feinstellschraube; beim Azimutalkreis ist sie in der Abbildung weggeblieben.



Dieser Theodolit erwies sich in der Praxis als völlig zweckentsprechend. Gleich beim ersten Versuch gelang es, einen Registrierballon (Gummiballon-Tandem) bis zu einer Höhe von 16000 *m* zu verfolgen, dort das Platzen des einen zu beobachten und den zweiten kleineren noch während des Abstiegs bis auf eine Horizontalentfernung von 40 *km* zu beobachten, wo er dann, noch ein ganz scharfes Bild zeigend, hinter

einem Haus verschwand[1]). Auch weitere Visierungsversuche, wobei wie beim ersten die Ballons gelegentlich dem Zenit nahe kamen, sind völlig gelungen; der Ballon von 1500 *mm* Anfangsdurchmesser verschwand bei einem Höhenwinkel von nur 12° erst in 50 *km* Entfernung.

Bei der vorzüglichen Optik des Fernrohrs[2]) — ich vermochte damit, sogar im projizierten Bild, Sonnenfackeln zu beobachten — ist das Instrument wohlgeeignet, außer für wissenschaftlich aeronautische Zwecke auch z. B. für einfache astronomische Demonstrationen zu dienen.

Dem Wurtzelschen Goniographen gegenüber (*Mitteil. d. Ver. v. Freunden d. Astron. u. kosm. Physik 1894. S. 51*) hat der beschriebene Theodolit, abgesehen von den praktisch ansprobierten optischen Abmessungen des Fernrohrs, den Vorteil, daß die Messungen bis in den Zenit möglich und überhaupt für alle Höhenwinkel gleich bequem sind. Nach den bisherigen Erfahrungen ist dies aber nicht nur ein Vorteil, sondern bei Ballonvisierungen geradezu ein *Erfordernis*. Die bei dem Goniographen gebotene Bequemlichkeit der Winkelregistrierung kommt hier nicht in Betracht, weil bei diesen Messungen doch für die genauen Zeitnotierungen[3]) ein zweiter Gehülfe vorhanden sein muß, der dann ebenso leicht auch die Kreise ablesen kann. Die nachträgliche Auswertung der Winkelpositionen durch Ausmessen der geritzten Scheiben erscheint in diesem Fall praktisch wohl eher als Komplikation.

Die Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Jahre 1904.

(Fortsetzung von S. 116.)

B. Schwachstrom-Laboratorium[4]). *Laufende Prüfungsarbeiten.*

Im Jahre 1904 wurden geprüft

13 Proben Leitungsmaterial (8 Anträge);
10 Proben Widerstandsmaterial (3 Anträge);
117 Einzelwiderstände;
43 Widerstandssätze (9 Kompensatoren, davon 1 mit Meßbrücke, 8 Meßbrücken, 24 Widerstandskästen, 2 Verzweigungswiderstände) mit zusammen 1226 Abteilungen;
4 sonstige Widerstandsprüfungen;
46 Clarksche Normalelemente;
46 Westonsche Normalelemente;
2 Akkumulatoren (1 Antrag);
16 Trockenelemente (2 Anträge).

1. Widerstände.

Von den geprüften Einzelwiderständen waren 77 Draht- und 40 Blechwiderstände. Bei sämtlichen Einzelwiderständen und Widerstandssätzen (mit Ausnahme eines Apparates) war Manganin als Widerstandsmaterial verwendet.

---

[1]) Die meteorologisch wertvollen Ergebnisse dieser Visierungen werden in den *Beiträgen zur Physik d. freien Atmosphäre, Heft III*, veröffentlicht. Siehe auch *a. a. O. Heft I. S. 47. 1904.*

[2]) Die optischen Teile sind von der Firma Hensoldt in Wetzlar angefertigt. Das Instrument selbst wird von der Werkstätte für Präzisionsmechanik von J. & A. Bosch in Straßburg in guter Ausführung zum Preise von 320 M. geliefert.

[3]) Einen Chronographen wird man wohl nicht eigens dazu einrichten.

[4]) Lindeck.

Für 77 Apparate lagen Angaben über den Besteller vor. Demnach waren 42 für das Ausland bestimmt, und zwar gingen 23 nach Amerika, 8 nach Österreich-Ungarn, 6 nach Rußland, 3 nach der Schweiz und je 1 nach Italien und England.

Für die verschiedenen Laboratorien der Reichsanstalt wurden 11 Einzelwiderstände und 4 Widerstandssätze (mit 101 Abteilungen) gemessen.

2. Normalelemente. Die Zahl der geprüften Clarkschen Normalelemente beträgt nur etwa die Hälfte der im Vorjahre eingereichten; mit Recht wird dies Normalelement allmählich von dem Westonschen verdrängt.

Bei den Clark-Elementen lag die Abweichung vom Sollwert (1,4328 Volt bei 15° C.)

bei 12	Stück	zwischen	0,0000 und 0,0004 Volt	
„ 5	„	„	0,0004 „ 0,0007 „	
„ 2	„	„	0,0007 „ 0,0010 „	
„ 11	„	über	0,0010 Volt;	
„ 12	„	zeigten sich veränderliche Werte;		
„ 4	„	„	„ äußere Mängel.	

Die Zahl der nicht beglaubigungsfähigen Elemente (27 Stück) ist also prozentisch sehr groß; diese Elemente worden fast ausschließlich von *einer* Firma eingesandt, die offenbar nicht die nötige Sorgfalt bei der Herstellung der Elemente beobachtet.

Die Zahl der von der Weston Co. eingesandten Elemente ist ungefähr dieselbe wie im Vorjahr geblieben. Die Prüfung bei Zimmertemperatur lieferte folgende Werte:

bei 5	Stück	1,0189 Volt
„ 5	„	1,0190 „
„ 26	„	1,0191 „
„ 4	„	1,0192 „ .

5 Stück waren infolge davon fehlerhaft, daß das Glasgefäß gesprungen war; die durch Verdunstung hervorgerufene Konzentration des Elektrolyten bedingt ein langsames Sinken der elektromotorischen Kraft, ein Übelstand, der den nach Angabe der Reichsanstalt hergestellten Kadmiumelementen nicht anhaftet. Es wäre auch aus diesem Grunde zu wünschen, daß sich die European Weston Electrical Instrument Co. in Berlin bald dazu entschließen könnte, die Verwendung einer nicht vollständig konzentrierten Lösung zu Gunsten des Vorschlags der Reichsanstalt aufzugeben.

3. Nachprüfungen für die elektrischen Prüfämter. Im Berichtsjahre wurden die Kontroll-Normale der Prüfämter 1 bis 6 (36 Einzelwiderstände und 12 Normalelemente) der vorgeschriebenen jährlichen Nachprüfung unterzogen. Außerdem waren diesmal von den in 2- bezw. 5-jährigen Zwischenräumen nachzuprüfenden Widerstands-Apparaten 10 Stück mit 499 einzelnen Abteilungen zu messen.

4. Pyrometrische Arbeiten. Betreffend die pyrometrischen Arbeiten vgl. *S. 143.*

C. Referat für die elektrischen Prüfämter[1]*).*

1. Errichtung von Prüfämtern. Dem elektrischen Prüfamte Nr. 6 in Frankfurt a. M., welches von dem Magistrat der Stadt eingerichtet worden ist, wurde durch Verfügung des Reichskanzlers vom 29. Juli 1904 die Befugnis zur amtlichen Prüfung und Beglaubigung elektrischer Meßgeräte für Gleich- und Wechselstrom erteilt. Das Meßbereich des Amtes erstreckt sich für Gleichstrom bis 3000 Ampere und 750 Volt, für Wechselstrom bis 400 Ampere und 3000 Volt.

Mit dem Magistrate der Stadt Essen wurden Verhandlungen über die Errichtung eines elektrischen Prüfamtes geführt, die für dasselbe in Aussicht genommenen Räume besichtigt und ein Einrichtungsplan ausgearbeitet.

Der Senat der Stadt Bremen hat die Absicht zu erkennen gegeben, ein elektrisches Prüfamt dortselbst zu errichten.

2. Bisher eingerichtete Prüfämter. Da bislang weder ein Prüfzwang noch eine Schutzfrist besteht, sind die Prüfämter nur außerordentlich wenig benutzt worden und deswegen nicht in der Lage gewesen, Erfahrungen über die eigene Leistungsfähigkeit zu sammeln. Eine Ausnahme in dieser Be-

[1]) Feußner.

ziehung macht das Prüfamt München, bei dem die bereits im Vorjahre rund auf 9000 sich belaufenden Zählerprüfungen noch zugenommen haben. Durch die dortigen Erfahrungen kann als erwiesen angesehen werden, daß etwa 20 über das Deutsche Reich verteilte elektrische Prüfämter eine Prüfung aller neu in den Verkehr kommenden Zähler durchführen und sämtliche vorhandenen Zähler in drei- bis fünfjährigen Zwischenzeiten nachprüfen und einregulieren könnten.

3. Systemprüfungen.

Folgende vier Systeme von Elektrizitätszählern sind im Laufe des Jahres zur amtlichen Beglaubigung durch die elektrischen Prüfämter zugelassen worden (Anh. Nr. 21).

System [5]: *Motorzähler für Gleichstrom* der Union Elektrizitätsgesellschaft in Berlin.

System [6]: *Induktionszähler für einphasigen Wechselstrom* der Union Elektrizitätsgesellschaft in Berlin.

System [7]: *Induktionszähler für Drehstrom* der Union Elektrizitätsgesellschaft in Berlin.

System [8]: *O' K-Zähler für Gleichstrom* der Danubia A.-G. für Gaswerks-, Beleuchtungs- und Meßapparate in Wien und Straßburg i. E.

Dreizehn weitere Anmeldungen von Systemprüfungen und zwei von Ergänzungsprüfungen sind eingegangen. Zwei dieser Anmeldungen, welche Wechselstromzähler für induktionsfreie Belastung betrafen, wurden jedoch auf Grund der Verhandlungen mit der Reichsanstalt von den Anmeldern zurückgezogen.

4. Regeln betreffend die Systemprüfungen.

Bei der Bearbeitung der Systemprüfungen stellte es sich als erforderlich heraus, außer den in den § 3 und § 11 der Prüfordnung für elektrische Meßgeräte veröffentlichten Vorschriften für die Beantragung von Systemprüfungen Regeln herauszugeben für die Einrichtung der System-Beschreibungen und -Zeichnungen sowie für die Beschaffenheit der zur Beglaubigung kommenden Elektrizitätszähler. Durch diese Regeln soll eine bessere Übereinstimmung bezüglich der Bezeichnungen und der äußeren Einrichtung der Zähler herbeigeführt werden. Außerdem sollen dadurch die Anforderungen zum Ausdruck gebracht werden, welche an die zu beglaubigenden Zähler bei den Systemprüfungen gestellt werden. Entwürfe dieser Regeln sind ausgearbeitet und nebst einer Erläuterung an die beteiligten Kreise zur Äußerung versandt worden.

D. Magnetisches Laboratorium[1]).

1. Übersicht über die Prüfungsarbeiten.

I. Meßapparate.

Geprüft wurden

Magnetisierungsapparate (nach Köpsel-Kath) der Firma Siemens & Halske A.-G.	3
Magnetische Wagen nach du Bois	3
Magnetisierungsapparat von Hartmann & Braun	1

II. Materialien.

Die Anzahl der Prüfungen betrug

für unmagnetisches Material	8
„ Stahlguß, Gußeisen u. s. w.	42
„ Magnetstahl	8
„ Dynamoblech	29

und zwar wurden 10 von den letzteren Proben nur statisch, 11 Proben nur wattmetrisch und 8 Proben nach beiden Methoden untersucht.

[1]) Gumlich, Rose bezw. Malmström.

2. Vergleichung von Untersuchungsmethoden für magnetische Materialien.

Die schon früher begonnene Vergleichung zwischen den Angaben der von Epstein, Möllinger und Richter vorgeschlagenen Eisenprüfapparate und des direkt bewickelten Ringes wurden in der Weise durchgeführt, daß man zunächst von jeder Dynamoblechprobe 8 bis 10 Tafeln im Richterschen Apparat bei der Induktion $\mathfrak{B} = 10000$ und bei einer Anzahl verschiedener, zwischen 18 und 56 liegender Perioden untersuchte und hieraus die Verlustziffer, d. h. den Wattverbrauch pro Kilogramm und 50 Perioden sowie den Hysterese-Koeffizient η und den Wirbelstrom-Koeffizient f berechnete.

Sodann wurden aus den Tafeln etwa 10 *kg* Streifen für den Epsteinschen Apparat herausgeschnitten sowie etwa 10 *kg* Ringe von 5 *cm* Breite und 39 *cm* mittlerem Durchmesser ausgestanzt und die letzteren mit einer direkten Magnetisierungswicklung versehen. Sowohl mit dem Epsteinschen Apparat wie mit dem Ring bestimmte man in gleicher Weise, wie mit dem Richterschen Apparat, Verlustziffer, η und f. Die Vergleichung ergab bei 5 bezw. 6 Blechproben von teilweise stark abweichender Beschaffenheit im Mittel folgendes Resultat.

Der Epsteinsche und der Richtersche Apparat lieferten um 1% bezw. 3% höhere Werte für die Verlustziffer als der bewickelte Ring, und zwar ist dies beim Richterschen Apparat im wesentlichen auf die etwas größere Wirkung der Wirbelströme (+ 7,5%) zurückzuführen, während beim Epsteinschen Apparat der Hysteresisverlust im Mittel um etwa 3% höher, der Wirbelstromverlust um etwa 3% niedriger gefunden wurde als beim Ring, sodaß sich beide Abweichungen in Bezug auf die Verlustziffer nahezu aufheben. Hierbei ist allerdings zu berücksichtigen, daß die angegebenen Differenzen zum Teil wohl auch noch auf die Ungleichmäßigkeit des Materials zurückzuführen sind, da ja für die Messungen wohl die nämlichen Blechtafeln, nicht aber identische Stücke verwendet werden konnten, und die magnetischen Eigenschaften mitunter auch innerhalb derselben Blechtafel nicht unbeträchtlich variieren.

Um nun einerseits die Angaben des Möllingerschen Apparates mit denjenigen des direkt bewickelten Ringes vergleichen zu können, andererseits den Einfluß verschiedener Dimensionsverhältnisse des Ringes auf die Verlustziffer, η und f festzustellen, wurden aus den zentralen, beim Ausstanzen von drei der obigen Ringe herausgefallenen Kreisscheiben zwei neue Ringarten ausgestanzt, welche die gleiche Breite besaßen wie die großen Ringe, aber einen geringeren mittleren Durchmesser ($d_m = 29$ *cm* bezw. 19 *cm*).

Die Ringe mittlerer Größe ($d_m = 29$ *cm*) lieferten bei der Untersuchung im Möllingerschen Apparat innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler dieselben Werte wie bei direkter Bewickelung, sodaß ein systematischer Unterschied hier nicht festgestellt werden konnte.

Bei der Untersuchung mit der direkten Wickelung nahm die Verlustziffer der Theorie entsprechend mit abnehmendem Ringdurchmesser etwas ab, das gleiche ergab sich für die Werte von η und f, doch lag auch bei dieser sehr beträchtlichen Änderung des Dimensionsverhältnisses die Abnahme noch unter 3%. Eine mäßige Änderung des Dimensionsverhältnisses der Ringe ist also zulässig, was für die technische Verwendbarkeit des Möllingerschen Apparates von Wichtigkeit ist.

3. Vergleichung zwischen Gleichstrom- und Wechselstrom-Magnetisierung.

Die Untersuchungen über das Verhältnis zwischen der Magnetisierung durch Gleichstrom und durch Wechselstrom sind abgeschlossen. Sie wurden an mehreren der großen Ringe in der Weise durchgeführt, daß man mit Gleichstrom sowohl die Nullkurve als auch die Hysteresisschleifen für $\mathfrak{B} = 4000, 6000, \ldots. 14000$ bezw. 16000 aufnahm und hieraus in bekannter Weise die Größe η berechnete. Sodann wurde die Messung von η für dieselben Induktionen wattmetrisch durchgeführt und endlich auch eine Induktionskurve mittels Wechselstrommagnetisierung aufgenommen, indem man aus der abgelesenen effektiven Spannung die Höhe der Induktion und aus der effektiven Stromstärke die zugehörige Feldstärke ermittelte. Die hierzu notwendigen Spannungs- und Stromkurven lieferte der Frankesche Kurvenindikator.

Im Gegensatz zu der bisher in der Technik herrschenden Ansicht, daß das Eisen sich rasch verlaufenden Wechselströmen gegenüber als magnetisch wesentlich härter erweist und daß seine Permeabilität mit zunehmender Periodenzahl beträchtlich sinkt, konnte eine

geringe systematische Differenz zwischen Gleichstrom- und Wechselstrom-Magnetisierung in dem angegebenen Sinne wenigstens bis zu 50 Perioden pro Sekunde nur bei Induktionen bis zu $\mathfrak{B} = 12000$ nachgewiesen werden, während bei höheren Induktionen auch diese kleine Abweichung verschwindet. Hieraus folgt das technisch wichtige Resultat, daß man bei der Bestimmung der Permeabilität von der zeitraubenden und relativ unsicheren Untersuchung durch Wechselstrom absehen und die viel einfachere Untersuchung durch Gleichstrom verwenden kann. Auch zur Ermittelung des Hysteresisverlustes wird man gelegentlich, namentlich bei hohen Induktionen, zur statischen Methode greifen, während hier im allgemeinen die wattmetrische Methode unzweifelhaft bedeutende Vorzüge hat.

4. Bestimmung der Anfangspermeabilität.

Die Anfangspermeabilität, d. h. die Magnetisierbarkeit für sehr geringe Feldstärken, wurde für eine Anzahl von Stäben durch Aufnahme einer Kommutierungskurve und zum Teil auch einer Nullkurve auf ballistischem Wege nach der Jochmethode bestimmt. Es ergab sich, daß wenigstens bei magnetisch weichem Material im Bereich dieser kleinen Feldstärken die Kommutierungskurve nicht unbeträchtlich tiefer liegt als die Nullkurve, während bei höheren Feldstärken bekanntlich das Umgekehrte der Fall ist. Diese Erscheinung, welche wahrscheinlich auf die Einwirkung des Jochs zurückzuführen ist, soll noch genauer untersucht werden.

5. Untersuchung von Heuslerschen Legierungen.

Zwei von Hrn. Heusler zur Verfügung gestellte Mangan-Aluminium-Kupfer-Legierungen verschiedener chemischer Zusammensetzung wurden einer systematischen Untersuchung durch Abkühlung auf die Temperatur der flüssigen Luft und durch andauernde Erwärmung auf Temperaturen von 110° bezw. 170° unterzogen. Während die Magnetisierbarkeit beider Stäbe durch die Abkühlung keine Änderung erlitt, brachte, entsprechend den Versuchsergebnissen von Heusler, Starck und Haupt, die im ganzen 544 Stunden währende Erwärmung auf 110° bei der einen Probe, die neben 20,5% Mn und 10,7% Al auch noch 1,2% Pb enthielt, sehr beträchtliche Änderungen der Magnetisierbarkeit hervor, welche durch die Erwärmung auf 170° zum Teil wieder rückgängig gemacht werden konnten. Die Abhängigkeit der Änderungen der Permeabilität, Remanenz, Koerzitivkraft und Energievergeudung von der Dauer der Erwärmung wurde bestimmt, auch ließ sich teilweise ein Zusammenhang dieser Erscheinungen unter einander nachweisen. Außerdem wurden die bei beiden Proben auftretenden bedeutenden Nachwirkungserscheinungen untersucht, da sie vielleicht geeignet sind, zur Klärung analoger, aber weniger deutlich auftretender Erscheinungen beim weichen Eisen beizutragen.

III. Arbeiten, betreffend Wärme und Druck.

1. Übersicht über die laufenden Arbeiten[1]).

Im Berichtjahr sind folgende Instrumente und Apparate geprüft worden:

16 197 Thermometer,
189 Zähigkeitsmesser,
97 Petrolprober,
9 Siedeapparate für Mineralöle,
13 Federmanometer bis 150 *kg/qcm*,
17 Barometer,
788 Thermoelemente,
12 optische Pyrometer und 3 Glühlampen für optische Pyrometer,
2 Platinthermometer,
24 Indikatorfedern.

Außerdem wurden untersucht

7 Senkaräometer,
5 Zeigergalvanometer für thermoelektrische Zwecke,
5 Kalorimeter,
1 Vakuumgefäß,
1 Probe Transformator-Öl auf spezifische Wärme,
1 „ Naphta auf Dichte.

[1]) Wiebe, Grützmacher, Rothe, Moeller, Hoffmann, Schwirkus, Hebe.

Die geprüften Thermometer verteilen sich auf die verschiedenen Gattungen folgendermaßen:

13 352 ärztliche Thermometer,
625 feinere Thermometer mit Korrektionsangaben in 0,01°, geprüft in Temperaturen bis 100°,
1094 Thermometer mit Korrektionsangaben in 0,1°, geprüft bis 100°,
12 Insolationsthermometer,
53 Tiefseethermometer,
5 Tiefsee-Umkippthermometer,
483 Thermometer für Temperaturen bis 300°,
376 hochgradige Thermometer für Temperaturen über 300° bis 575°,
62 Fabrikthermometer,
40 Siedethermometer für Höhenbestimmungen,
41 Thermometer für Temperaturen unter 0° (darunter 23 Pentan-Thermometer bis — 190°),
54 **Beckmann**sche Thermometer,

zusammen 16 197 Thermometer.

Von diesen waren 2709 wegen Nichteinhaltung der Prüfungsvorschriften unzulässig, 123 gingen beschädigt ein, 102 wurden während der Prüfung beschädigt. Im ganzen sind also 2934 Thermometer = 18% von den zur Prüfung eingereichten Thermometern zurückgewiesen worden.

a) Ärztliche Thermometer[1]. Die geprüften 13 352 ärztlichen Thermometer verteilen sich auf die verschiedenen Gattungen folgendermaßen:

8 928 Maximumthermometer,
4 267 Minuten-Maximumthermometer,
157 gewöhnliche ärztliche Thermometer,

zusammen 13 352 ärztliche Thermometer;

dabei waren 476 Stabthermometer.

Unzulässig waren 2399 Stück = 18%, fehlerfrei 5184 Stück = 39%.

b) Thermometer für wissenschaftliche und meteorologische Zwecke[2]. Die Thermometerprüfungen für wissenschaftliche und meteorologische Zwecke haben weiter zugenommen; so hat sich die Anzahl der **Beckmann**schen Thermometer gegen das Vorjahr nahezu verdoppelt.

2. Thermometer-Prüfungsstellen unter Kontrolle der Reichsanstalt[3]. Mit dem Besuch des Glasbläsertags im August in Jena wurden die Revisionen der Großherzoglich Sächsischen Prüfungsanstalt zu Ilmenau und der Herzoglich Sächsischen Prüfungsstelle für ärztliche Thermometer zu Gehlberg verbunden.

Die Prüfungsanstalt zu Ilmenau hat im Jahre 1904 35 912 ärztliche, 993 meteorologische und Laboratoriumthermometer, 553 Fabrikthermometer, 140 Thermometer für häusliche Zwecke, die Gehlberger Prüfungsstelle 4266 ärztliche Thermometer geprüft.

3. Arbeitsnormale für die Reichsanstalt[4]. Außer einigen Normalthermometern wurden die zwei neu beschafften **Beckmann**schen Thermometer mit Teilung in $^1/_{50}$° bei 10° Skalenumfang durch Kalibrierung mit sämtlichen Fäden von 0,2° zu 0,2° sowie durch vielfach wiederholte Vergleichungen bestimmt. Durch Benutzung dieser Thermometer ist bei Prüfung von guten **Beckmann**schen Thermometern pro Grad C. eine relative Genauigkeit von wenigstens 0,001° gewährleistet.

Außerdem sind zwei als Ersatz des Barometers bei Siedepunktsbestimmungen in Aussicht genommene Siedethermometer mit Teilung in $^1/_{50}$° und 4° Skalenumfang von 0,5° zu 0,5° fertig bestimmt worden.

[1]) Hebe.
[2]) Grützmacher.
[3]) Wiebe.
[4]) Grützmacher.

Von 795 zur Prüfung eingereichten hochgradigen Thermometern waren 151 = 19% unzulässig, darunter 21 wegen Überschreitung der Fehlergrenze, 46 aus äußeren Gründen, 46 wegen ungenügender Alterung. *4. Hochgradige Thermometer*[1].

Eine Untersuchung über die Temperatur der Luftschichten über dem Deckel des Salpeterbades, in dem die Prüfung der hochgradigen Thermometer stattfindet, ergab in Übereinstimmung mit früher gelegentlich angestellten Versuchen, daß bei 500° die Temperatur der Gaskammer an diesen Thermometern bis auf 80° steigt, sodaß die Erhöhung des Druckes über dem Quecksilber etwa 5 Atm. beträgt, was eine Standänderung des Thermometers von 0,5° ausmacht.

Brauchbarkeitsgrenze der hochgradigen Thermometer[2].

Da über die Grenze der Brauchbarkeit der hochgradigen Thermometer aus Glas 59^{III} sichere Untersuchungen bisher noch nicht vorlagen, so ist eine größere Versuchsreihe mit mehreren derartigen Thermometern aus verschiedenen Jahrgängen begonnen worden.

Soweit sich bis jetzt die Resultate übersehen lassen, findet bei 500° *kein* Weichwerden des Glases in dem Maße statt, daß eine dauernde Ausweitung des Quecksilbergefäßes der Thermometer eintritt. Dies scheint erst nach längerer Erhitzung der Thermometer bei Temperaturen zwischen 510° und 515° der Fall zu sein. Bei kürzer andauernden Erhitzungen können die Thermometer jedoch noch höhere Temperaturen vertragen, ohne erhebliche Gefäßaufweitungen zu erfahren.

Übrigens ist es nicht nötig, die Thermometer aus Glas 59^{III} für Temperaturen über 510° zu verwenden, da das Jenaer Verbrennungsröhrenglas für hochgradige Thermometer bis 575° brauchbar ist.

Auf Antrag des Glasbläsertags sollen für die letztere Glassorte die wichtigeren thermischen Konstanten wie Ausdehnung, Depressionsgrößen, Reduktion auf das Gasthermometer festgestellt werden. Das Jenaer Glaswerk hat sich bereit erklärt, das dazu nötige Glasmaterial zur Verfügung zu stellen.

In Verbindung damit soll auch für Thermometer aus dem Normal-Thermometerglas 16^{III} die Grenze der Brauchbarkeit von neuem festgestellt werden.

5. Elektrische und optische Temperaturmessungen.

Mittels elektrischer bezw. optischer Hülfsmittel wurden geprüft

735 Le Chateliersche Thermoelemente,
48 Thermoelemente aus Konstantandraht und Eisen- bezw. Kupferdraht,
5 „ „ anderen Kombinationen (Platin, Platiniridium, Platinnickel, Nickel, Kohle),
5 Zeigergalvanometer für thermoelektrische Zwecke,
2 Platinwiderstands-Thermometer,
12 optische Pyrometer nach Wanner nebst drei zugehörigen Rauchgläsern,
3 Glühlampen für optische Pyrometer nach Holborn und Kurlbaum,
2 Verbrennungs-Kalorimeter,
23 Pentanthermometer bis −200°,
1 Vakuumgefäß zur Aufbewahrung flüssiger Luft.

a) Thermoelemente[3].

Von den geprüften 735 Le Chatelierschen Thermoelementen entstammen 722 den von der Firma W. C. Heraeus, Hanau, eingesandten Drahtvorräten. Die für einen Temperaturbereich von −200° bis +600° C. geprüften Thermoelemente von Konstantandraht und Eisen- bezw. Kupferdraht sind fast alle den bei der Reichsanstalt befindlichen Drahtvorräten der Firma Siemens & Halske A. G., Berliner Werk, entnommen. Die mit Halbedelmetallen (Nickel) zusammengesetzten Thermoelemente werden von den Fabrikanten in der Absicht konstruiert, die teuren Le Chatelierschen Elemente durch billigeres Material zu ersetzen und die Empfindlichkeit etwas zu steigern; nach den bisher an der Reichsanstalt vorliegenden Erfahrungen geschieht dies im allgemeinen jedoch stets auf Kosten der Genauigkeit und der Unveränderlichkeit in den Angaben der Elemente.

[1]) Moeller.
[2]) Wiehe, Moeller.
[3]) Lindeck, Rothe, Hoffmann.

Für Schmelzpunktsbestimmungen und ähnliche Untersuchungen ist von der Firma Siemens & Halske ein selbstregistrierendes Drehspulen-Galvanometer mit Zeigerablesung beschafft worden, das eine Empfindlichkeit von $2 \cdot 10^{-5}$ Volt auf 1 Teilstrich (etwa 1 *mm*) besitzt. Das Instrument, dessen Registrierungen trotz dieser für ein Zeigergalvanometer recht hohen Empfindlichkeit zuverlässig erfolgen, wird in Verbindung mit einer Lindeckschen Schaltung und in einer Anordnung benutzt, welche gestattet, die Messung der elektromotorischen Kräfte ohne Rücksicht auf den Widerstand der Zuleitungen und des Thermoelements auszuführen. Die Ergebnisse dieser Versuche sollen demnächst veröffentlicht werden.

b) Optische Pyrometer[1].

Seit dem 1. Oktober sind die Arbeiten der optischen Pyrometrie vom Starkstromlaboratorium auf das Laboratorium für Wärme und Druck in Gemeinschaft mit dem optischen Laboratorium übergegangen.

Unter den zu den Wanner-Pyrometern (von Dr. R. Hase, Hannover, zur Prüfung eingereicht) gehörigen Rauchgläsern befanden sich einige von so starker Absorption, daß zu ihrer Prüfung besondere Vorkehrungen zu treffen waren. Es sind Versuche im Gange, mit Hülfe eines in geeigneter Weise zu regulierenden elektrischen Lichtbogens diese offenbar für elektrische Öfen mit Lichtbogenheizung bestimmten stark schwächenden Rauchgläser zu prüfen.

Als Normalien sind eine Anzahl Glühlampen für das Holborn-Kurlbaumsche Pyrometer sowie ein Wannersches Pyrometer im Gebrauch, welche wiederholt mit dem schwarzen Körper bis 1500° verglichen worden sind.

c) Thermometer aus Quarz.

Von der Prüfung solcher Quarzthermometer, welche zum Gebrauch in höheren Temperaturen mit Kohlensäure oder Stickstoff unter sehr hohem Druck gefüllt sind, wird wegen der Gefährlichkeit ihrer Handhabung in Zukunft gänzlich abgesehen werden. Bei der Prüfung zersprang ein derartiges Thermometer in einem Bade von geschmolzenem Salpeter von etwa 550° C. mit großer Heftigkeit, wobei eine größere Menge der rotglühenden Flüssigkeit des Bades herausgeschleudert wurde.

d) Kalorimeter.

α) Verbrennungskalorimeter[2].

Zur Bestimmung des Wasserwertes zweier Berthelotscher Kalorimeterbomben auf elektrischem Wege wurde in Anlehnung an die Arbeiten von Jaeger und v. Steinwehr ein Prüfungsverfahren ausgearbeitet, bei welchem die Messung der elektrischen Energie durch Spannungsmessungen mittels des Kompensationsapparat erfolgt. Die Anwendung dieses Verfahrens ist jedoch nur dann notwendig, wenn an die Genauigkeit der kalorimetrischen Messungen die größten Anforderungen gestellt werden. In allen Fällen, wo man die Temperaturerhöhung mit einem Quecksilberthermometer mißt und schon aus diesem Grunde über eine Genauigkeit von 0,3 bis 0,4 % nicht hinausgehen kann, genügt, wie Versuche gezeigt haben, die sinngemäße Anwendung eines Präzisionswattmeters. Die letztere Methode bietet überdies den Vorteil, durch häufige Ablesungen die möglichen Schwankungen der Energie zu verfolgen und in Rechnung zu setzen.

Bei einer dieser Kalorimeterbomben wurde der Wasserwert auch durch Verbrennung von Normalsubstanzen kontrolliert.

Zur Zeit liegen mehrere Anträge auf Bestimmung des Heizwertes von Braunkohlen vor. Die Bestimmung wird mit dem Hempelschen Kalorimeter ausgeführt, dessen Wasserwert in elektrischen Einheiten hier ermittelt worden ist.

β) Junkerssche Kalorimeter[3].

Es wurden 3 Junkerssche Kalorimeter geprüft. Mit zweien von diesen wurden auf Antrag der Englischen Gasgesellschaft in Berlin auch Bestimmungen des Heizwerts von Leuchtgas ausgeführt, wobei sich ein Unterschied von 2 % in den Angaben der Apparate zeigte, während bei den Versuchen der Gasgesellschaft sich eine Abweichung von 10 % ergeben haben soll. Bei der Prüfung der Junkersschen Apparate mit Wasserstoff wurde bisher stets Übereinstimmung mit dem als sicher angenommenen Verbrennungswert von Wasserstoff innerhalb 1 % gefunden. Wahrscheinlich war bei dem fraglichen Apparat

[1]) Brodhun, Rothe, Hoffmann.
[2]) Rothe, Moeller, Hoffmann.
[3]) Moeller, Hoffmann.

etwas in Unordnung geraten, was sich der äußeren Beobachtung entzieht. Der Fabrikant ist um Aufklärung ersucht worden.

Die letzte Vergleichung der Normal-Petrolprober unter einander und mit dem Urnormal Pe 17 und dessen Kopie S & R 1408 hatte im Jahre 1899 stattgefunden, weshalb wieder eine neue umfassende Vergleichung der inzwischen durchgängig mit Reservethermometern ausgerüsteten und teilweise reparierten Normalprober ausgeführt wurde. Hierbei bestätigten sich die früher gefundenen Apparatkorrektionen durchgängig, sowoit nicht durch eine Änderung der Abmessungen der Apparato auch Änderungen der Apparatkorrektionen bedingt waren. *6. Normal-Petrolprober*[1]).

Die im vorigen Jahr begonnenen Untersuchungen über einheitliche Grundsätze für die Prüfung von Indikatorfedern sind im weiteren auch auf die Heißprüfung ausgedehnt worden. *7. Indikatoren*[2]).

Dabei wurde festgestellt, daß der Strupiersche Prüfapparat sich nicht eignet, während der neue Rosenkranzsche sich gut bewährt hat.

Ferner wurde ermittelt, daß der Temperaturkoeffizient der Federelastizität für die verschiedenen Federgattungen verschieden groß ist, und daß er mit der Temperatur verschieden viel wächst.

Er beträgt für die Federn der

Firma	zwischen 50° und 100°	zwischen 100° und 170°
Dreyer, Rosenkranz & Droop . .	0,00038	0,00041
Schäffer & Budenberg	0,00042	0,00054
im Mittel	0,0004	0,0005

Sodann wurde beobachtet, daß die Art der Befestigung der Federdrähte an ihren Muttern häufig den Gang der Hubhöhe schädlich beeinflußt, sobald der Draht Spielraum in der Lagerung und deshalb keine fest begrenzte Länge hat. Hieraus erklärt sich in vielen Fällen die Abweichung von der Proportionalität im Gange der Federn.

Lötete man die innerhalb der Muttern beweglichen Gänge der Federn fest, so erhielt man für den Temperaturkoeffizienten ganz unwahrscheinliche, viel zu große Werte, die vermutlich von der veränderten Federspannung und wohl auch von verstärkter Kolbenreibung herrühren. Ferner wurde noch festgestellt, daß neue Federn durch länger andauernde Erwärmung eine bleibende Einbuße ihrer ursprünglichen Elastizität erleiden können, woraus hervorgeht, daß das bisher angewandte Alterungsverfahren zur Erzielung konstanter Federmaßstäbe nicht immer ausreicht.

Der ausführliche Bericht über die Untersuchungen ist dem Verein deutscher Ingenieure zugestellt und von diesem abgedruckt worden (Anh. Nr. 23).

Zwei der Reichsanstalt gehörige Crosby-Indikatoren wurden bei der Firma H. Maihak in Hamburg gegen zwei, jetzt in Aufnahme gekommene Staus-Indikatoren mit *außen* liegenden, auf *Zug* beanspruchten Federn umgetauscht.

Im Anschluß an die luftthermometrischen Vorarbeiten wurden Untersuchungen angestellt über die Alterung von Gefäßen aus Glas 59[III] und Hartglas. *8. Luftthermometrische Vorarbeiten*[3]).

Durch wiederholtes Erhitzen im elektrischen Ofen auf etwa 500° und Auswägen der Gefäße mit destilliertem Wasser wurde eine regelmäßige Abnahme des Volumens bewirkt, die allmählich kleiner wurde, sich aber auch noch nach 70-stündigem Erhitzen deutlich fortsetzte.

Die relative Volumenänderung war bei je zwei gleichartigen Gefäßen nach gleicher größter Erhitzungsdauer sehr nahe gleich groß. Durch den Verlauf der Volumenänderung lassen sich die zu erwartenden Veränderungen nach erneutem Erhitzen abschätzen.

[1]) Schwirkus, Hebe.
[2]) Schwirkus.
[3]) Hoffmann.

IV. Optische Arbeiten.

1. Photometrische Prüfungen[1]).

In der folgenden Tabelle sind die im Jahre 1904 ausgeführten photometrischen Prüfungen zusammengestellt:

109 beglaubigte Hefnerlampen, davon
- 26 mit Visier,
- 47 mit optischem Flammenmesser,
- 9 mit Visier und optischem Flammenmesser,
- 20 mit optischem Flammenmesser und Ersatzdochtrohr,
- 1 mit Visier und Ersatzdochtrohr,
- 6 mit Visier, optischem Flammenmesser und Ersatzdochtrohr;

257 elektrische Glühlampen mit Kohlenfäden, davon
- 17 in Dauerprüfung mit im ganzen 5430 Brennstunden;

3 Osmiumlampen;

8 Nernst-Lampen, davon
- 2 in Dauerprüfung mit im ganzen 1020 Brennstunden;

7 Bogenlampen;

24 Gasglühlichtapparate, davon
- 11 in Dauerprüfung mit im ganzen 5100 Brennstunden;

1 Intensivlampe für Gasglühlicht;

3 Gasglühlichtbrenner besonderer Konstruktion;

1 Gasglühlichtregulator;

45 Spiritusglühlichtlampen, davon
- 42 in Dauerprüfung mit im ganzen 21 000 Brennstunden;

1 Webersches Photometer;

2 Petroleumproben;

18 Kerzen.

Unter den Gasglühlichtlampen bietet eine neue Intensivlampe Interesse. Durch die hohe Temperatur der abziehenden Verbrennungsgase wird eine im oberen Teile der Lampe angebrachte Thermobatterie erregt, welche einen unterhalb des Brenners angeordneten Motor treibt. Dieser setzt ein Schleudergebläse in Bewegung, welches die sich mit dem Leuchtgase mischende Verbrennungsluft dem Brenner zuführt. Bei einem stündlichen Gasverbrauch von 1230 *l* betrug die mittlere horizontale Lichtstärke 1130 IK, sodaß sich der stündliche Gasverbrauch auf 1 IK zu 1,1 *l* ergab. Die Ökonomie war also günstig.

Ferner ist ein Gasglühlichtapparat zu erwähnen, bei welchem der Glühkörper horizontal angeordnet ist. Die größte Lichtstärke wurde nach unten ausgestrahlt; sie betrug 153 IK bei einem stündlichen Gasverbrauch von 124 *l*. Die Ökonomie war etwas schlechter als bei einem gewöhnlichen Gasglühlichtapparat.

Unter den Bogenlampen verbrauchten die sog. Flammenbogenlampen für Gleich- und Wechselstrom auf 1 IK mittlere räumliche Lichtstärke ohne Glocke im günstigsten Falle 0,36 bezw. 0,34 Watt. Die Zahlen sind ungefähr dieselben wie im vorigen Berichtsjahre.

Großen Zeitaufwand beanspruchte eine Dauerprüfung von Spiritusglühlichtlampen, welche anläßlich eines Preisausschreibens der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft zu Berlin eingesandt wurden. Es waren 42 Lampen, und zwar 14 Sorten mit je 3 Stück, welche von 10 verschiedenen Firmen herrührten. Davon waren 9 Sorten Tischlampen, die mit einem Docht brannten, die übrigen 5 Sorten Hängelampen ohne Docht. Bei allen wird die Vergasung durch eine Hülfsflamme eingeleitet, welche die Hauptflamme entzündet und dann erlischt. Das Ergebnis war insofern günstig, als eine Anzahl der Lampen die Dauerprüfung von 500 Stunden ohne wesentliche Eingriffe durchmachte. Der stündliche Verbrauch an Spiritus (von 85,5 Gewichts-Prozent) auf 1 IK horizontale Lichtstärke betrug im günstigsten Falle 1,1 *g*, im Durchschnitt etwa 2 *g*. Die Beleuchtungskosten sind also, auf gleiche Lichtstärken berechnet, ungefähr dieselben wie für eine gute Petroleumlampe.

[1]) Brodhun, Liebenthal.

2. Auswertung der Carcellampe und der Pentanlampe in Hefnerkerzen[1]*).*

Die bereits im vorigen Berichtsjahre erwähnten vergleichenden Versuche über das Lichtstärkenverhältnis der Hefnerlampe zur 10-Kerzen-Pentan- und Carcellampe sind dem Abschluß nahe. Es fehlen noch einige Versuche mit Pentan verschiedener Herkunft. Die Abhängigkeit der Lichtstärke der 10-Kerzen-Pentanlampe von der Luftfeuchtigkeit ist, soweit die bisherigen Versuche erkennen lassen, im wesentlichen dieselbe wie bei der Hefnerlampe.

3. Versuche mit dem Flimmerphotometer[2]*).*

Mit dem Flimmerphotometer sind Versuche angestellt, aber noch nicht abgeschlossen worden.

4. Prüfung von Saccharimetern[3]*).*

a) Drehungsdifferenz für gemischtes und homogenes Licht und verschiedene Beobachter.

Die im vorjährigen Berichte besprochenen Arbeiten über die Bestimmung der Drehungsdifferenzen von Normalzuckerlösungen im Saccharimeter mit Keilkompensation für gemischtes und homogenes Licht verschiedener Beleuchtungslampen unter Benutzung verschiedener Absorptionsmittel und für verschiedene Beobachter wurden zum Abschluß gebracht und veröffentlicht (Anh. Nr. 32 u. 33).

b) Abhängigkeit des Temperaturkoeffizienten der Zuckerdrehungen vom Prozentgehalt.

Das im vorigen Tätigkeitsberichte erwähnte, für die deutsche Normalzuckerlösung (Prozentgehalt etwa 23,7) gültige Gesetz, daß sich der Drehungswinkel zwischen 9° und 31° für die benutzten Wellenlängen *linear* mit der Temperatur t ändert, befolgten alle bis jetzt untersuchten Zuckerlösungen, deren Prozentgehalte zwischen 15 und 30 lagen. Ist demnach ϑ der Temperaturkoeffizient der spezifischen Drehung des Zuckers und $-\gamma$ der Ausdehnungskoeffizient der Zuckerlösung, so gilt allgemein die Beziehung $\frac{d\vartheta}{dt} = -\frac{d\gamma}{dt}$.

Einen Überblick über den Einfluß der Temperatur, der Wellenlänge und des Prozentgehaltes auf ϑ gewährt die folgende Tabelle, welche die Werte für $-10^6\,\vartheta$ gibt.

Prozentgehalt	$-10^6\,\vartheta$								
	Na 589,3 $\mu\mu$			Hg gelbgrün 546,1 $\mu\mu$			Hg blau 435,9 $\mu\mu$		
	10°	20°	30°	10°	20°	30°	10°	20°	30°
15,4	263	193	125	243	173	105	205	135	067
23,7	242	184	121	237	179	116	200	142	079
30,0	229	178	124	229	178	124	191	140	086

Einige Kontrollversuche sollen diese Untersuchungen zum Abschluß bringen.

c) Rotationsdispersion des Zuckers.

Bei Gelegenheit der obigen Versuche ergab sich die Rotationsdispersion des Zuckers bei $t = 20$ als unabhängig vom Prozentgehalt. Die auf die Drehung für die gelbgrüne Hg-Linie als Einheit bezogene Drehung ist für Natriumlicht gleich 0,84934, für die blaue Hg-Linie gleich 1,64303.

5. Prüfung von Quarzplatten[4]*).*

Während des Jahres 1904 wurden 27 Saccharimeter-Quarzplatten zur Prüfung eingesandt, von denen 4 wegen nicht genügender optischer Reinheit für saccharimetrische Zwecke nicht geeignet waren.

Überblickt man die Ergebnisse der Prüfungen von Quarzplatten vom Jahre 1898 ab, seit welchem die Untersuchung der letzteren unter die laufenden Arbeiten aufgenommen worden ist, so zeigt sich auch hier deutlich, wie günstig die regelmäßigen Prüfungen durch die Reichsanstalt auf die vollkommenere Herstellung der Quarzplatten eingewirkt haben, zumal was ihren Parallelismus betrifft, auf den es neben ihrer optischen Reinheit ganz besonders ankommt. So waren z. B. die Prüfungsergebnisse von Quarzplatten der Firma Franz Schmidt & Haensch die folgenden.

In den ersten 3 Jahren 1898 bis 1900 betrug der Keilwinkel im Maximum häufig gegen 27″, anfangs sogar 104″, im Mittel 15″; die Flächen wiesen wiederholt Wölbungen bis zu 13 *m* Krümmungsradius auf; der Achsenfehler, d. i. der Winkel, welchen die optische Achse mit der Plattennormale bildet, stellte sich im Maximum auf 13′, im Mittel auf 3,8′.

[1]) Brodhun, Liebenthal.
[2]) Brodhun.
[3]) Schönrock.
[4]) Brodhun, Schönrock.

Dagegen blieb in den beiden letzten Jahren 1903 und 1904 der Keilwinkel stets unter 8" und betrug im Mittel nur 3", während die Flächen nicht unter 73 *m*, gewöhnlich etwa 0,3 *km* Krümmungsradius besaßen; der Achsenfehler betrug im Maximum 6', im Mittel 2,5'. Dabei ist die Dicke der Quarzplatten (0,3 bis 1,6 *mm*) ohne Einfluß auf ihre Güte.

Die Anforderungen, welche an Saccharimeterquarze gestellt werden müssen wurden somit von der Firma erfüllt.

6. Ausmessung der Planheit von Flächen bis auf ein milliontel Millimeter[1]). Bei dem bisher im optischen Laboratorium benutzten Interferenzapparat geschieht die Untersuchung auf Planheit durch Beobachtung Fizeauscher Interferenzkurven in einer etwa 0,4 *mm* dicken Luftschicht, die einerseits von der zu prüfenden Fläche, andererseits von einem planen Vergleichsglase begrenzt wird. Hierbei ist aber eine genauere zahlenmäßige Angabe der Planheit bezw. des Krümmungsradius der Fläche nur dann möglich, wenn die Luftschicht, nachdem ihre beiden Flächen wenigstens an einer Stelle einander genau parallel gestellt worden sind, noch Dickenunterschiede von mindestens einer halben Wellenlänge (0,22 μ) aufweist.

Es hat sich nun aus vielfachen Gründen als notwendig herausgestellt, diese Prüfungsmethode auf eine bedeutend größere Genauigkeit zu bringen. Dies wurde erreicht, indem man die Dickendifferenzen der möglichst parallel gemachten Luftschicht mit Hülfe der Haidingerschen Interferenzringe ermittelt. Zu dem Zwecke wird ein kleines Fernrohr sich parallel längs einer Geraden über die Luftschicht hingeführt und dabei mittels einer Mikrometerschraube, die zwei Parallelfäden verschiebt, die Radienänderung etwa des zweiten Ringes gemessen.

Eine solche Ausmessung erfordert natürlich nicht nur eine gut parallele, sondern auch eine zeitlich sehr konstant bleibende Luftplatte. Beide Forderungen werden vollkommen in der Weise erfüllt, daß man auf die zu prüfende Fläche drei Stahlkugeln von etwa 1,6 *mm* Durchmesser legt, auf denen dann das bis auf einige Gramm durch Gegengewichte entlastete Vergleichsglas ruht. Die, wie Fig. 4 zeigt, in Messingplättchen eingedrückten Kugeln lassen sich unter Prüfung mittels Fizeauscher Interferenzstreifen leicht so abschleifen, daß sie unter einander die gleiche Höhe bis auf etwa 0,05 μ besitzen.



Fig. 4.

Die Fehler des Vergleichs-Planglases sollen durch Vergleich mit den beiden Flächen einer durchsichtigen Parallelplatte bestimmt werden, deren Parallelismus gleichfalls mit Hülfe des neuen Interferenzapparates genau ausgemessen werden wird.

Wie Vorversuche gezeigt haben, wird man auf diese Weise die Abweichungen einer spiegelnden Planfläche (aus beliebigem Material und bis zu etwa 200 *mm* Durchmesser) gegen eine durch drei Punkte der Fläche gelegte Ebene bis auf $^1/_{400}$ der benutzten Wellenlänge oder ein milliontel Millimeter ermitteln können.

Die Zeichnungen für den neuen Interferenzapparat sind entworfen worden; er wird zur Zeit in der Werkstatt der Reichsanstalt gebaut.

V. Chemische Arbeiten.

1. Saure Nitrate[2]). Die im vorjährigen Berichte erwähnte Arbeit über die sauren Salze der *Salpetersäure* ist in zwei Mitteilungen veröffentlicht worden (Anh. Nr. 35 u. 45).

2. Jodsäure[3]). Weitere Versuche über die Gleichgewichtszustände einbasischer Säuren betrafen die *Jodsäure*. Die Löslichkeit derselben in Wasser wurde bestimmt vom kryohydratischen Punkt bei — 14° bis 110°, wo ein Übergang in das Anhydrid erfolgt. Kristallisierbare Hydrate konnten im Gegensatz zur Literatur auch unterhalb 0° nicht beobachtet werden.

Gefrierpunktsbestimmungen wiesen auf das einfache Molekül HJO_3 hin im Gegensatz zu Siedepunktsbestimmungen, welche ein höheres Molekulargewicht ergeben.

Die sehr auffälligen Übersättigungserscheinungen stehen mit der Polymerisation vermutlich im Zusammenhange. In einer 90%-igen honigdicken übersättigten Jodsäurelösung

[1]) Schönrock.
[2]) Groschuff.
[3]) Groschuff.

bewirkt die Anwesenheit von Jodsäurekristallen kaum einen merkbaren Fortschritt der Kristallisation.

Die Existenz der sauren Alkalijodate legt die Annahme verschiedener Jodsäure-Modifikationen nahe; kristallisierte Zwischenstufen von der Jodsäure zum Anhydrid sind nicht ausgeschlossen.

3. Löslichkeit des Zinkchlorids[1].

Die im Jahre 1899 unterbrochene Arbeit über die Löslichkeit des Zinkchlorids in Wasser wurde durch eingehende Versuche zum Abschluß gebracht; eine Mitteilung darüber befindet sich im Druck. Es ergab sich ein sehr kompliziertes Netz von Löslichkeits-Kurven, welche sich auf das wasserfreie Salz $ZnCl_2$ und die Hydrate mit 1, $1\frac{1}{2}$, $2\frac{1}{2}$, 3 und 4 Mol. Wasser beziehen. Die Existenz eines kristallisierten Dihydrates wird bezweifelt.

Mannigfache Übersättigungserscheinungen erlaubten bei 0° den Nachweis von sieben verschiedenen, meist labilen Gleichgewichten, für welche die Konzentration der gesättigten Lösungen zwischen 65 und 81 % Gehalt an $ZnCl_2$ schwankt.

Der nur bei wenigen Salzen direkt bestimmbare Einfluß des Kristallwassers auf die Löslichkeit wurde näher studiert und graphisch zur Anschauung gebracht. Die Viskosität übersättigter Zinkchloridlösungen wächst bei starker Abkühlung derartig, daß sie glasähnliche Beschaffenheit annehmen und freiwillig in Stücke zerspringen.

4. Prüfung von Glas mit Hülfe von Bruchstücken[2].

Für die Glasindustrie würde es ein großer Vorteil sein, wenn die mühsamen und zeitraubenden Untersuchungen über die chemische Angreifbarkeit der verschiedenen Glassorten durch eine kurze und bequeme Prüfung an Bruchflächen ersetzt werden könnten. Die bekannte Webersche Salzsäureprobe ist für diesen Zweck nicht empfindlich genug.

An der Hand der Jodeosinprobe sind darüber die nachfolgenden Erfahrungen gesammelt worden:

a) Nur bei sorgfältigen Versuchen ist es zulässig, aus der Farbenintensität, welche die frische Bruchfläche eines Glasstückes durch ätherische Jodeosinlösung annimmt, auf die relative Angreifbarkeit der Glasmasse durch Wasser (den hygroskopischen Grad) einen Schluß zu ziehen.

b) Bedingung für a) ist ein völlig glatter (muscheliger) Bruch, welcher sich nicht immer mit Sicherheit erreichen läßt. Rauhe Stellen oder aufliegender Glasstaub verursachen leicht grobe Täuschungen.

c) Auch die Verschiedenheit der anscheinend glatten Bruchflächen bedingt einen solchen Fehler, daß tatsächliche Unterschiede von 15 % des Wertes bei verschiedenen Gläsern schwer mit Sicherheit festzustellen sind.

d) Die Eosinprobe entspricht einem hygroskopischen Effekte, welcher sich auffallend schnell vollzieht. Die Wirkung ist nahezu die gleiche, ob der Glaskörper eine Sekunde oder eine Stunde mit der ätherischen Eosinlösung in Berührung war.

e) Der im angedeuteten Sinne an Bruchstücken von Glasarten festgestellte Eosinwert kann als eine Konstante für die betreffenden Gläser betrachtet werden, welche als ein Maß für deren Hygroskopizität anzusehen ist und von Bedeutung für die langsamer verlaufenden Verwitterungsprozesse sein wird.

f) Bei der Prüfung verschiedener Glassorten wurden die folgenden auf 100 Quadratzentimeter Oberfläche berechneten Unterschiede gefunden.

Optisches Glas aus Rathenow Nr. 5054 u. 5065	0,03 *mg* Jodeosin
„ „ „ „ „ 3698 u. 3707	0,05 „ „
Gelbes Flaschenglas	0,08 „ „
Grünes „	0,14 „ „
Grünes Akkumulatorenglas (Gefäß)	0,14 „ „
Spiegelscheibe	0,14 „ „
Fensterglas	0,15 „ „

[1]) Mylius. Vgl. Dietz, *Ber. d. Deutsch. chem. Gesellsch.* **32**. *S.* 90. 1899.

[2]) Mylius.

Opt. Glas Nr. 3553 u. 3454		0,15 *mg* Jodeosin
Farbloses Akkumulatorenglas (Gefäß)		0,19 „ „
Geräteglas von Gundelach	etwa	0,20 „ „
Gelbes Zylinderrohr	etwa	0,40 „ „
Mangelhaftes Glas aus der Technik	etwa	0,58 „ „

g) Die von frischen Bruchflächen aufgenommenen Mengen des Farbstoffes sind zwar wesentlich größer, aber nicht so verschieden wie bei den Oberflächenschichten der gleichen Glassorten, welche durch Verwitterung oder chemische Mittel verändert worden waren.

h) In den industriellen Betrieben würde die Eosinprobe mit Bruchstücken von Gläsern leicht unsichere Werte ergeben; für die Zwecke der Kontrolle im Laboratorium kann sie aber in einzelnen Fällen von Nutzen sein, und sie erlaubt, Glassorten der verschiedensten Art und Färbung miteinander zu vergleichen.

5. Isolationsröhren in Akkumulatoren[1]). Bei einer Kontrolle der Haltbarkeit von Glasröhren, die zur Trennung der einzelnen Platten in den Akkumulatorenbatterien der Reichsanstalt gedient hatten, zeigte es sich, daß die Röhren nach 15-jährigem Gebrauch durch die Schwefelsäure anscheinend nicht verändert waren. Indes führte schon ein Erwärmen der Röhren auf 100° zu Oberflächenrissen; bei höherer Temperatur erfolgte ein starker Austritt von Wasser, welcher 0,2% der gesamten Glasmasse betrug und mit der Entglasung der äußeren Schicht einherging. Die Glasröhrchen zersprangen dabei sehr leicht.

Für die Zwecke der Akkumulatoren pflegen die weichsten Glassorten zur Anwendung zu kommen; härtere Röhren halten sich besser.

6. Quarzgeräte[2]). Die über die Verwendbarkeit der Quarzgeräte im Laboratorium gemachten Erfahrungen sind in einer kurzen, für den Druck bestimmten Mitteilung zusammengestellt worden. Bemerkenswert ist, daß Quarzkolben, auf welche durch Behandlung mit alkalischen Lösungen ein absichtlich starker Angriff ausgeübt worden ist, im Gegensatz zu Glasgefäßen nicht korrodieren, sondern völlig glatt erscheinen.

7. Bestimmung der Borsäure als Phosphat[3]). Über die Bestimmung der Borsäure als Phosphat liegt eine kurze gedruckte Mitteilung vor (Anh. Nr. 34). Die Untersuchung wird jedoch fortgeführt.

8. Reaktion zwischen Kieselsäure und Phosphorsäure[4]). Kieselsäure, welche gegen die meisten Säuren indifferent ist, tritt mit hochkonzentrierter Phosphorsäure in Wechselwirkung. Ein näheres Studium dieser Reaktion wurde begonnen mit Rücksicht auf die Angreifbarkeit der Quarz- und Glasgefäße durch Phosphorsäure sowie auf die Schwierigkeit, diese Säure analytisch von der Kieselsäure zu trennen.

9. Analytische Trennung von Kupfer und Zinn[5]). Die analytische Trennung von Kupfer mit Hülfe von Alkali und Schwefel ist unvollständig, da lösliche Polysulfide des Kupfers gebildet werden. Nach den ausgeführten Versuchen läßt sich der Fehler großenteils beseitigen durch geeignete Anwendung von Wasserstoffsuperoxyd, welches eine Überführung in unlösliche Kupferverbindungen bewirkt.

10. Ozon für die Analyse[6]). Orientierende Versuche über die Anwendbarkeit von Ozon als Oxydationsmittel in der analytischen Chemie ergaben die Möglichkeit, mancherlei Metalle (z. B. Mangan) durch Ozon als Superoxyde zur Abscheidung zu bringen, zugleich aber den Mangel eines wirksamen Lösungsmittels, ohne welches das Ozon für die praktische Analyse kaum zu verwenden ist.

VI. Arbeiten der Werkstatt. Den Gegenstand größerer Arbeiten bildeten

1 Pfeileruntersuchungsapparat,
4 Fernrohrstative,
1 Galvanometeraufhängung nach Julius,
1 Stöpselwiderstandskasten,

[1]) Mylius, Groschuff.
[2]) Mylius, Meusser.
[3]) Mylius, Meusser.
[4]) Hüttner.
[5]) Groschuff.
[6]) Groschuff.

1 Starkstromwiderstand,
6 Glühlampenvorschaltwiderstände,
1 Thermostat znm Prüfen von Thermometern,
1 Schwefelsiedeapparat.

Mit Beglaubigungs- und Prüfungsstempel wurden versehen
22 Bolzen und Spindeln,
49 Stimmgabeln,
150 Normalelemente, Widerstände und Thermometer,
83 Stäbe und Streifen aus Eisen und Stahl für magnetische Untersuchungen,
79 Hefnerlampen,
15 Fassungen für Quarzplatten.

Der in obiger Aufstellung aufgeführte Pfeileruntersuchungsapparat wurde nach Angabe von Hrn. Dr. Repsold ausgeführt, um Versuche anzustellen über die Veränderlichkeit in dem Verhalten der verschiedenen Mörtelsorten (vgl. hierüber *S. 106*).

Der Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt
(gez.) Kohlrausch.

Anhang.

Veröffentlichungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

Allgemeines.

1. Die bisherige Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt. Aus der dem Reichstage am 19. Februar 1904 überreichten Denkschrift. Mit einem Verzeichnis der Veröffentlichungen aus den Jahren 1901—1903. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn 1904.
2. Zur Frage der Legalisierung eines Normals der elektromotorischen Kraft. *Elektrotechn. Zeitschr.* **25.** *S. 669—670. 1904.*

Abteilung I.

Amtliche Veröffentlichungen.

3. Scheel, Apparat für Ausdehnungsbestimmungen nach der Fizeauschen Methode bei der Temperatur der flüssigen Luft. *Diese Zeitschr.* **24.** *S. 285—287. 1904.*
4. Holborn und Austin, *Disintegration of the Platinum Metals in Different Gases. Phil. Mag.* **7.** *S. 388—393. 1904.*
5. Holborn und Austin, *Cathode Disintegration in the Discharge through Gases at Low Pressures. Phil. Mag.* **8.** *S. 145—157. 1904.*
6. Kohlrausch und Grüneisen, Das Leitvermögen wäßriger Lösungen von Elektrolyten mit zweiwertigen Ionen. *Sitzungsber. d. Berl. Akad. 1904. S. 1215—1222.*
7. Kohlrausch und Mylius. Über wäßrige Lösungen des Magnesiumoxalats. *Ebenda S. 1223—1227.*
8. Kohlrausch, Die Löslichkeit einiger schwerlöslicher Salze im Wasser bei 18°. *Zeitschr. f. phys. Chem.* **50.** *S. 355—356. 1904.*
9. Kohlrausch und Henning, Über das Leitvermögen der Lösungen von Radiumbromid. *Verhandl. d. Deutsch. physikal. Gesellsch.* **6.** *S. 144—146. 1904.*
10. Jaeger, Die Polarisation galvanischer Elemente bei Gegenwart von festem Salz. *Ann. d. Physik* **14.** *S. 726—741. 1904.*
11. Kohlrausch und Holborn, Über ein tragbares Torsionsmagnetometer. *Ebenda* **13.** *S. 1054—1059. 1904.*
12. Henning, Beobachtungen mit astatischen Torsionsmagnetometern. *Ebenda* **15.** *S. 815—828. 1904.*

13. Gehrcke, Über den Einfluß von Glaswänden auf die geschichtete Entladung in Wasserstoff. *Ebenda* **15.** *S. 509—530. 1904.*
14. Gehrcke, Über den Einfluß elektrischer Schwingungen auf die Breite der feinsten Spektrallinien. *Verhandl. d. Deutsch. physikal. Gesellsch.* **6.** *S. 344—348. 1904.*
15. Lummer und Gehrcke, *Sur la séparation des raies spectrales très voisines. Réponse aux critiques de MM. Pérot et Fabry. Journ. de phys.* **3.** *S. 345—350, 592. 1904.*
16. Lummer und Gehrcke, Über eine Kadmiumamalgamlampe aus Quarz. *Diese Zeitschr.* **24.** *S. 296—298. 1904.*

Private Veröffentlichungen.

17. Lummer, Wissenschaftliche Grundlagen zur ökonomischen Lichterzeugung. *Zeitschr. f. Beleuchtungswes.* **10.** *S. 1—3, 13—15. 27—29. 41—43, 55—56. 69—71, 83—87, 97—100. 107—109. 1904.*
18. Jaeger, Zur Anwendung des Differentialgalvanometers bei genauen Widerstandsmessungen. *Diese Zeitschr.* **24.** *S. 288—296. 1904.*
19. Jaeger, Über Normalelemente IV. *Zentralbl. f. Akkumulatoren-Technik u. verw. Gebiete* **5.** *S. 205—208. 1904.*
20. Austin, Beobachtungen über die magnetische Längenänderung der Heuslerschen Mangan-Aluminium-Kupfer-Legierungen. *Verhandl. d. Deutsch. physikal. Gesellsch.* **6.** *S. 211—216. 1904.*

Abteilung II.

Amtliche Veröffentlichungen.

21. Bekanntmachung über Prüfungen und Beglaubigungen durch die Elektrischen Prüfämter. Nr. 3, 4 u. 5. *Zentralbl. f. d. Deutsche Reich 1904. S. 1, 62. 381: Elektrotechn. Zeitschr.* **25.** *S. 121—124, 333—340, 989—990. 1904.*
22. Rothe, Über die Herstellung und den Gebrauch der Pentanthermometer. *Diese Zeitschr.* **24.** *S. 47—53. 1904.*
23. Schwirkus, Über die Prüfung von Indikatorfedern. *Mitt. üb. Forschungsarb. a. d. Gebiete d. Ingenieurwesens 1904. 60 S.*
24. Orlich, Über eine optische Methode der Strommessung. *Diese Zeitschr.* **24.** *S. 65—70. 1904.*
25. Gehrcke, Eine einfache Methode zur Bestimmung des Stromverlaufs hochgespannter Wechselströme. *Verhandl. d. Deutsch. physikal. Gesellsch.* **6.** *S. 176—178. 1904.*
26. Hagen und Rubens, Emissionsvermögen und elektrische Leitfähigkeit der Metalllegierungen. *Ebenda* **6.** *S. 128—136. 1904.*
27. Hagen und Rubens, *On some Relations between the Optical and Electrical Qualities of Metals. Phil. Mag.* **7.** *S. 157—179. 1904.*
28. Hagen und Rubens, *Sur les rapports entre les qualités optiques et électriques des métaux. Ann. de chim. et de phys.* **1.** *S. 185—214. 1904.*
29. Hagen und Rubens, *Sur le pouvoir émissif et la conductivité électrique des alliages. Ann. de chim. et de phys.* **2.** *S. 441—449. 1904.*
30. Brodhun, Rotierender Sektor, dessen Winkel während der Rotation verändert und abgelesen werden kann. *Diese Zeitschr.* **24.** *S. 313—317. 1904.*
31. Brodhun und Schönrock, Über den Einfluß der Beugung auf das Verschwinden der Trennungslinie im Gesichtsfelde photometrischer Vergleichsvorrichtungen. *Ebenda* **24.** *S. 70—74. 1904.*
32. Schönrock, Zur Bestimmung des Hundertpunktes der Ventzkeschen Skale von Saccharimetern. *Zeitschr. d. Vereins d. Deutsch. Zucker-Ind. (Techn. Teil)* **54.** *S. 521—558. 1904.*
33. Schönrock, Über den Einfluß der Beleuchtung auf die Angaben von Saccharimetern mit Keilkompensation. *Ann. d. Physik* **14.** *S. 406—417. 1904.*

34. Mylius und Meusser, Über die Bestimmung der Borsäure als Phosphat. *Ber. d. Deutsch. chem. Gesellsch.* **37.** *S. 397—401. 1904.*
35. Groschuff, Saure Nitrate. Studien über die Löslichkeit der Salze. XIII. *Ebenda* **37.** *S. 1486—1493. 1904.*

Private Veröffentlichungen.

36. Leman, Über die Berücksichtigung des Einflusses der Temperatur bei den Messungen in der Technik des Maschinenbaues. *Verhandl. d. Vereins z. Beförd. d. Gewerbefleißes* **83.** *S. 245—260. 1904.*
37. Mylius, Über die Klassifikation der Gläser zu chemischem Gebrauche. Ber. d. V. Intern. Kongr. f. angew. Chem. Berlin 1903. Sekt. II. Bd. 1. 1904. *S. 678.*
38. Wiebe, Die Spannung des Wasserdampfes über 100°. *Zeitschr. d. Vereins Deutsch. Ing.* **48.** *S. 315—316. 1904.*
39. Fenßner, Vielstufige Strommesser. *Elektrotechn. Zeitschr.* **25.** *S. 115—118. 1904.*
40. Lindeck, Herausgabe des Katalogs „Wissenschaftliche Instrumente" der Deutschen Unterrichtsausstellung auf der Weltausstellung in St. Louis. Deutsche und englische Ausgabe. Berlin, A. Asher & Co.
41. Gumlich, Bemerkung zu einem Aufsatz des Hrn. H. Siedentopf: „Über eine neue Quecksilberbogenlampe". *Diese Zeitschr.* **24.** *S. 120. 1904.*
42. Grützmacher, Über Tiefsee-Umkippthermometer. *Ebenda* **24.** *S. 263—268. 1904.*
43. Orlich, Mehrere Kapitel im „Hilfsbuch für die Elektrotechnik". Herausg. von Strecker.
44. Rothe, Über die geodätische Abbildung zweier Flächen aufeinander. *Sitzungsber. d. Berl. math. Gesellsch.* **3.** *S. 57—62. 1904.*
45. Groschuff, Saure Nitrate. *Zeitschr. f. anorg. Chem.* **40.** *S. 1—23. 1904.*
46. Schwirkus, Prüfung von leichtflüssigen Metall-Legierungen für Dampfkessel-Sicherheitsapparate. *Mitt. a. d. Praxis d. Dampfkessel- u. Dampfmaschinenbetriebes* **26.** *S. 1033—1038. 1058—1059. 1904.*

Referate.

Relative Schweremessungen IV. Anschlußmessungen in Karlsruhe.

Von K. R. Koch. *Jahreshefte d. Ver. f. vaterländ. Naturkunde in Württemberg 1904.*

Über Beobachtungen, welche eine zeitliche Änderung der Größe der Schwerkraft wahrscheinlich machen.

Von Demselben. *Ann. d. Physik* **15.** *S. 146. 1904.*

Um seine früheren Schwerestationen (vgl. *diese Zeitschr.* **24.** *S. 330. 1904*) noch sicherer an das mitteleuropäische Netz anzuschließen, hat der Verf. nochmals die Schweredifferenz zwischen Stuttgart und Karlsruhe bestimmt, die er bereits 1900 ermittelt hatte. Da Karlsruhe durch Hrn. Haid an die mitteleuropäischen Hauptstationen angeschlossen ist und der Verf. Stuttgart als Referenzstation gewählt hatte, so ist durch die neuen Beobachtungen der Anschluß der württembergischen Stationen gesichert.

Die Beobachtungsmethode ist unverändert geblieben, d. h. es sind zur Elimination des Uhrgangs nach dem Vorschlag von T. C. Mendenhall (*Report U. S. Coast and Geodetic Survey, Part II, Appendix Nr. 15.* Washington 1891. *S. 528*) die Schwingungsdauern zweier Pendel unter Benutzung derselben Uhr gleichzeitig bestimmt, erstens, wenn sich beide Pendel auf derselben Station (Stuttgart) befinden, und sodann, wenn das eine der beiden Pendel nach der zweiten Station (Karlsruhe) transportiert ist. Aus den beiden Schwingungsdauer-Verhältnissen läßt sich dann das Verhältnis der Schwerkräfte der beiden Stationen ermitteln.

Zwischen den beiden Beobachtungsreihen vom Juni 1900 und März 1904 hat sich nun eine kleine Differenz ergeben; es wurde nämlich erhalten

1900: g in Stuttgart 980,914 (98)
1904: „ „ „ 980,917 (96),

die beiden Messungen differieren also um rund 0,003 *cm*. Die Unsicherheit einer Bestimmung von g schätzt der Verf. für seine Beobachtungen auf rund 0,0006 *cm* (bis 0,0010), indem er die Widersprüche in sämtlichen Bestimmungen des Quotienten aus den Schwingungsdauern eines Feldpendels und des Referenzpendels heranzieht; die in Klammern beigefügte Zahl ist erhalten, indem noch eine Unsicherheit von 2 Einheiten der 7. Dezimale in der Bestimmung einer Schwingungsdauer auf Rechnung unbekannter Ursachen hinzugefügt ist. Auf Grund der vorstehenden Tatsachen hält der Verf. die Annahme für geboten, daß die Schweredifferenz Karlsruhe-Stuttgart zwischen 1900 und 1904 eine Änderung erlitten hat, da die Abweichung der beiden Messungen das 5-fache (3-fache) ihrer Unsicherheit beträgt.

Der Ref. kann sich dieser Annahme nicht anschließen. Denn abgesehen von der nicht völligen Gleichheit der Versuchsbedingungen und von dem Umstande, daß die Resultate nur auf *einem* Feldpendel beruhen (von den beiden benutzten Feldpendeln hat sowohl 1900 wie 1904 das eine mehr oder minder versagt), sind vor allen Dingen die systematischen Unterschiede auffallend, die sich bei der Bestimmung der Schwingungsdauerquotienten in den einzelnen Nächten ergeben, wenn beide Pendel auf verschiedenen Stationen sind. Wenn sich schon in kurz aufeinander folgenden Nächten solche Differenzen zeigen, so ist nicht einzusehen, weshalb nicht auch zwischen Bestimmungen im März und im Juni ein systematischer Unterschied vorhanden sein sollte, ohne daß sich g geändert hat. So ergibt sich z. B. für den Quotienten t_1/t_3 (t bedeutet die Schwingungsdauer und der Index die Pendelnummer) in der Nacht vom 31. Mai zum 1. Juni 1900 der Wert 1,0005201 und in der Nacht vom 11./12. Juni 1,0005218, wobei jeder Wert das Mittel aus 8 Einzelwerten ist. Die Differenz der beiden Werte ist $17 \cdot 10^{-7}$, während ihre Unsicherheit nur etwa $\pm 3{,}7 \cdot 10^{-7}$ ist, wenn man sie nach der Übereinstimmung aller 16 Einzelwerte beurteilt. Der Verf. müßte also, um konsequent zu sein, auch eine Änderung von g zwischen dem 1. und 12. Juni 1900 annehmen. Ebenso ergibt sich im Jahre 1904 für die Nacht vom 13./14. März t_6/t_7 gleich 0,9998832 und für die Nacht 17./18. März gleich 0,9998859. Auch hier ist die Differenz dieser beiden Werte etwa gleich dem Vierfachen ihrer Unsicherheit. Wenn man also nicht kurzperiodische Schwankungen von g annehmen will, so ist auch die Differenz zwischen 1900 und 1904 einfach als Beobachtungsfehler zu erklären. Im übrigen ist auch die gefundene Abweichung zwischen den Werten von g nicht so beträchtlich, daß ihr einmaliges Auftreten eine so schwerwiegende Annahme rechtfertigen könnte; denn der 4-fache Betrag des mittleren Fehlers gilt durchweg als zulässige Abweichung zweier Beobachtungswerte.

Immerhin ist es von Interesse, daß der Verf. die Untersuchungen noch durch Ausführung besonderer Beobachtungen fortsetzen will. Es wären dann zunächst die systematischen Abweichungen in den einzelnen Nächten aufzuklären, ob sie etwa der angewandten Methode zur Last fallen, und dazu wäre natürlich das sicherste Mittel die Hinzunahme der gewöhnlichen Beobachtungsmethode, bei der eine gute Pendeluhr auf die Stationen mitgenommen und ihr Gang durch Zeitbestimmungen ermittelt wird. Auch dürfte es sich empfehlen, so viel Pendel als möglich zu benutzen und jedes Feldpendel mit jedem Stationspendel zu vergleichen, nicht bloß paarweise, wie es der Verf. bislang ausgeführt hat, weil dadurch Kontrollen verloren gehen. Da man bei einer so fundamentalen Frage keine Vorsichtsmaßregeln außer acht lassen darf, so wäre auch vielleicht noch eine besondere Prüfung des Mitschwingens des Stativs am Platze. Denn das vom Verf. benutzte Hülfspendel, ein kleiner an einem Faden aufgehängter Spiegel, ist stark gedämpft und steht deshalb an Empfindlichkeit den gewöhnlichen starren Pendeln, die wenig gedämpft sind, nach. Werden dann noch die Beobachtungen in genügend großer Zahl angestellt, so wird man wohl einigermaßen sichere Schlüsse daraus ziehen können, und wenn sich auch vielleicht das vom Verf. erwartete Resultat nicht ergeben wird, so wird man doch wertvolle Aufschlüsse über die Sicherheit der Methode der synchronen Beobachtungen erwarten dürfen. *Ph. F.*

Über die Anwendung des Schraderschen Tacheographen bei hydrographischen Arbeiten.

Von F. Schrador und Ch. Sauerwein. *Compt. rend.* **138.** *S. 781. 1903.*

Die Verf. berichten über die Anwendung des Schraderschen Instruments zur Herstellung der lithologischen Karte der Küstenzone des Fürstentums Monaco im Februar 1903.

Man kann zwei Fälle des Gebrauchs des Tacheographen bei hydrographischen (Küsten-) Aufnahmen unterscheiden: 1. das Ufer ist flach, und 2. es sind unmittelbar an der Küste beträchtliche Höhen vorhanden. Im ersten Fall arbeitet man am Land wie bei jeder topographischen Aufnahme und rüstet für die Lotungspunkte einfach das Fahrzeug mit einer am Mast zu befestigenden Latte aus, womit auch die Seepunkte ganz in derselben Art wie die Landpunkte gemessen werden können. Die Beschickung der gemessenen Tiefen auf Niedrigwasser ist einfach. Im zweiten Fall sollte am Ufer ein leicht sichtbarer Pegel nebst Latte aufgestellt werden. Der Aufnehmende stellt sich auf einem möglichst hohen Punkt auf und erhält durch Anzielen der Latte sofort die Entfernung und den Höhenunterschied zwischen dem Lattennullpunkt und dem Instrumentenstandpunkt. Mit Hülfe dieses Höhenunterschieds kann man dann die Entfernung nach Punkten auf dem Meer (Lotungsboot) allein durch den Tiefenwinkel nach diesen Punkten bestimmen. Der Schradorsche Tacheograph gestattet nun, statt der Ablesung des Höhenwinkels und nachfolgender Rechnung die Entfernung sehr einfach mechanisch zu ermitteln und den Punkt hiernach sogleich auf die den Meßtisch vorstellende Zinkplatte zu übertragen. Die Aufnahme der Küstenlinie selbst geschieht bequem durch Verfolgung dieser Linie in der Natur mit der Ziellinie des Fernrohrs; der Schreibstift zeichnet dann die Küstenlinie geradezu auf. Wenn die Lotungspunkte von der Küste weit hinausreichen, so kann man für verschiedene Linien (Reihen) von Lotungspunkten verschiedene (provisorische) Maßstäbe der Entfernungen beim Einstechen der Punkte auf die Horizontalplatte anwenden. Die Verf. haben bei der oben genannten Arbeit Maßstäbe zwischen $^1/_{10000}$ und $^1/_{160000}$ gebraucht. An Küsten mit starken Gezeiten muß selbstverständlich bei dieser zweiten Messungsmethode auf diese Veränderlichkeit des als Basis dienenden Höhenunterschieds zwischen Instrumentenstandpunkt und Seepunkten Rücksicht genommen werden; der Anblick der Pegellatte gibt Aufschluß und die Verf. empfehlen, die Korrektion der entsprechenden Einstellung am Instrument allemal nach 0,5 *m* Veränderung der Höhe vorzunehmen. *Hammer.*

Über die Anwendung stereoskopischer Bilder zur Konstruktion von Plänen.

Von A. Laussedat. *Compt. rend.* **138.** *S. 1309. 1904.*

Der Verf. unterscheidet in der Phototopographie drei verschiedene Methoden: 1. Die der *alten Photogrammetrie*, dem *Vorwärtseinschneiden* von Punkten von zwei oder mehr Standpunkten aus mit dem Theodolit (Horizontal- und Höhenwinkel) oder mit dem Meßtisch (Horizontalvisur gezogen und Höhenwinkel abgelesen) nachgebildet, wobei nur auf dem Feld durch eine einzige Photographie die Zielungen nach *beliebig vielen* Punkten von dem Standpunkt aus festgelegt werden und Feld- und Bureauarbeit anders verteilt ist. 2. Die Methode der *Stereophotogrammetrie*, die eine *Parallaxenmethode* ist. Das „virtuelle Reliefbild" ist eine Reduktion des natürlichen Bodenreliefs im Verhältnis der Entfernung der zwei Augen voneinander (6 bis 7, durchschnittlich $6^1/_2$ *cm*) zum Abstand der zwei Stationen, von denen aus die Ansichten aufgenommen sind. Legt man die zwei Ansichten eines Geländeabschnittes, die von gleich hohen Stationen im Abstand $6^1/_2$ *m* voneinander erhalten worden sind, mit Hülfe eines Stereoskops zusammen, so erhält man den Eindruck eines Reliefs im Maßstab 1 : 100. Laussedat legte der Akademie zwei Proben vor, das eine Paar ein Reliefmodell des Dorfs Royat in 1 : 300 vorstellend (Abstand der zwei Aufnahmestationen 19,50 *m*), das andere das Reliefbild eines Stücks der Dolomiten in Südtirol in etwa $^1/_{900}$ liefernd (Abstand der Aufnahmestationen 59 *m*). Der Verf. geht dann auf den Stereokomparator von Pulfrich ein, den sein Erfinder zuerst in dieser Zeitschrift beschrieben hat, und auf den ebenfalls hier ver-

öffentlichten ersten praktischen phototopographischen Versuch mit diesem Instrument in der Nähe von Jena, und erwähnt ferner das Instrument von Fourcade (Kapstadt). Der Stereokomparator sei ein bewundernswert konstruierter Apparat, aber teuer und empfindlich; mit dem Fourcadeschen Instrument lasse sich vielleicht, wenn ein Gautiersches Gitter angewandt werde, rascher arbeiten, doch fehlen dem Verf. darüber Erfahrungen. Bei dem einen und andern dieser Instrumente wird übrigens nicht an den gleichzeitig gesehenen beiden Bildern gemessen. Dieser 3. Weg, der sich sowohl von dem Vorwärtseinschneiden (1.) wie von der Parallaxenmessung (2.) unterscheidet, und den bekanntlich Pulfrich ebenfalls schon eingeschlagen hat, der der *Messung unmittelbar an dem virtuellen Reliefmodell*, werde wohl am schönsten sich zeigen in dem „*Stereoplanigraphen*" von Deville (Kanada), dessen wichtigsten, vollständig fertigen Teil der Verf. bei seinem Vortrag vorzeigen konnte. Man hat hier mit einem Fahrstift den Einzelheiten des virtuellen Modells nachzufahren, wodurch ein Bleistift die entsprechende Zeichnung auf die Planebene überträgt. Da jedoch der Maßstab des virtuellen Reliefmodells im allgemeinen sehr groß ist, sodaß der Fahrstift und seine Armatur sich zu weit vom Beobachter entfernen müßten, so muß man auf optische oder mechanische Mittel bedacht sein zur Reduktion der nach dem Modell erhaltenen Figuren; und mit diesem zweiten Teil des Stereoplanigraphen ist der Erfinder noch beschäftigt. *Hammer.*

Bestimmung der Ausdehnung des Quecksilbers.

Von P. Chappuis. *Journ. de phys.* **4.** *S. 12. 1905.*

Die mit großer Sorgfalt ausgeführte Bestimmung der Ausdehnung des Quecksilbers erfolgte nach der gewichtsthermometrischen Methode. Das Thermometergefäß aus hartem französischen Glase (*verre dur*) war etwa 1 *m* lang und besaß einen äußeren bezw. inneren Durchmesser von 40 bezw. 36 *mm*.

Vor der Verblasung wurde das zum Gefäß bestimmte Rohr mit zwei in einem Abstand von etwa 1 *m* voneinander befindlichen Strichen versehen, an denen die Ausdehnung des Rohres ermittelt wurde. Zu diesem Zwecke wurde das Rohr mit einem Maßstab im Komparator verglichen. Das Rohr befand sich dabei in einem doppelwandigen Troge, der allseitig, auch im Deckel, von einem Heizdampf, Äther, Chloroform, Alkohol und Wasser durchströmt wurde. Um die Heizung vollständig zu machen, passierte der Heizdampf schließlich nach dem Austritt aus dem Deckel noch das Innere des Glasrohres selbst. Auf diese Weise fand der Verf. aus 53 Einzelbeobachtungen die zwischen den Grenzen 0° und 100° geltende lineare Ausdehnung des *verre dur* zu

$$l_t = l_0\,(1 + 7{,}232 \cdot 10^{-6}\, t + 0{,}005444 \cdot 10^{-6}\, t^2),$$

woraus sich die kubische Ausdehnung zu

$$v_t = v_0\,(1 + 21{,}6963 \cdot 10^{-6}\, t + 0{,}016384 \cdot 10^{-6}\, t^2)$$

berechnet.

Das Glasrohr wurde jetzt auf der einen Seite zugeschmolzen, auf der anderen Seite mit einer 1 *mm* weiten Kapillare verblasen. Mit dem so entstandenen Thermometergefäß, welches einen Inhalt von 963 *ml* besaß, bestimmte nun Verf. die scheinbare Ausdehnung des Quecksilbers im Glase. Die aus der Kapillare bei Erwärmung des Gefäßes austretenden und bei der Abkühlung eingesaugten Quecksilbermengen wurden gewogen bezw. die letzten Veränderungen der Quecksilbervolumina an einer auf der Kapillare aufgeätzten Teilung abgelesen. Die Temperierung des Quecksilberreservoirs erfolgte wiederum in dem Troge, in welchem auch die Ausdehnung ermittelt war. Zur Messung der Temperatur dienten vier gut bestimmte Quecksilberthermometer. Als Schlußresultat einer größeren Zahl von Beobachtungen leitete Verf. für die Ausdehnung des Quecksilbers, gemessen in der Wasserstoffskale, folgende zwischen 0° und 100° gültige Interpolationsformel ab:

$$v_t = v_0\,(1 + 0{,}000181690\, t - 0{,}000000002951\, t^2 + 0{,}0000000000114 56\, t^3).$$

Die vorstehend beschriebene Methode der Bestimmung der Ausdehnung des Quecksilbers bezeichnet Verf. als eine *direkte* Methode, im Gegensatz zu einer *indirekten* Methode, die darauf beruht, unter Benutzung der nach der direkten Methode gefundenen Ausdehnung zwischen 0° und 100° den Gang der Ausdehnung aus den in großer Zahl vorliegenden Vergleichungen zwischen den Quecksilberthermometern mit dem Wasserstoffthermometer zu erschließen. Diese Methode, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann, lieferte dem Verf. die folgende Interpolationsformel:

$$v_t = v_0 (1 + 0{,}000\,181\,5405\,t + 0{,}000\,000\,001\,951\,30\,t^2 + 0{,}000\,000\,000\,100\,917\,t^3 - 0{,}000\,000\,000\,000\,203\,862\,t^4).$$

Die nach beiden Methoden sich ergebenden Werte der Quecksilberausdehnung (Volumina bezogen auf das Volumen bei 0°) sind hierunter von 10 zu 10 Grad mitgeteilt. Zum Vergleich sind die Ergebnisse der Regnaultschen Beobachtungen nach den Berechnungen von Wüllner und Broch hinzugefügt.

Temperatur	Wüllner (Regnaultsche Skala, Luftthermometer)	Broch (Wasserstoffthermometer)	Chappuis (Wasserstoffthermometer)	
			direkte Methode	indirekte Methode
− 20°			0,996364	0,996369
− 10			0,998183	0,998185
0	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
+ 10	1,001813	1,001818	1,001817	1,001816
+ 20	1,003628	1,003636	1,003634	1,003632
+ 30	1,005446	1,005455	1,005451	1,005451
+ 40	1,007267	1,007274	1,007270	1,007271
+ 50	1,009090	1,009094	1,009091	1,009093
+ 60	1,010916	1,010916	1,010916	1,010919
+ 70	1,012746	1,012738	1,012743	1,012747
+ 80	1,014578	1,014563	1,014575	1,014579
+ 90	1,016414	1,016388	1,016412	1,016415
+ 100	1,018253	1,018216	1,018254	1,018254

Schl.

Über den Schmelzpunkt des Goldes.

Von D. Berthelot. *Compt. rend.* **138.** *S. 1153. 1904.*

Der Verf. glaubt die Ursachen für die Abweichungen in den älteren Angaben für den Goldschmelzpunkt in der unregelmäßigen Erhitzung und der Verwendung des Porzellans zum Thermometergefäß zu sehen. Er wandte deshalb bereits 1898 die elektrische Heizung an und arbeitete 1902 eine optische Methode der Temperaturbestimmung aus, deren Ergebnisse unabhängig von der Beschaffenheit der Gefäße waren. Hiermit wurde für den Schmelzpunkt 1064,2° erhalten (vgl. *diese Zeitschr.* **23.** *S. 219. 1903*).

Inzwischen folgten noch die Arbeiten von Holborn und Day, die mit elektrischer Heizung und Stickstoff in Platingefäßen 1064° und Jacquerod und Perrot (s. *diese Zeitschr.* **25.** *S. 122. 1905*), die ebenso mit verschiedenen Gasen in Quarzgefäßen 1067° erhielten.

Der Verf. versucht nun, diese gut stimmenden Zahlen auf die absolute Skale zu reduzieren. Mit Hülfe bereits früher entwickelter Formeln ergeben sich die Korrektionen

	Berthelot	Holborn u. Day	Jacquerod u. Perrot
$dt =$	+ 1,36	+ 0,27	+ 0,21

sodaß der Schmelzpunkt selbst wird

1065,6°	1064,3°	1067,4°.

Die früher auf ± 2° geschätzte Fehlergrenze wird nicht überschritten. *Hffm.*

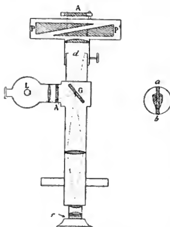
Absorptionspyrometer.

Von Ch. Féry. *Journ. de phys.* **3.** *S. 32. 1904.*

Das Absorptionspyrometer beruht auf dem Prinzip, die von dem glühenden Körper, dessen Temperatur gemessen werden soll, ausgehende (schwarze) Strahlung durch Absorption in meßbarer Weise zu schwächen, sodaß ihre Helligkeit gleich der einer konstanten Vergleichs-Lichtquelle wird. Ist x die Dicke der absorbierenden Schicht, T die absolute Temperatur, so ist für homogenes Licht

$$x = \frac{A}{T} + B,$$

unter A und B Konstanten verstanden, ein Gesetz, welches leicht aus der Wienschen Formel und dem Absorptionsgesetz einer absorbierenden Schicht folgt.



Die Schichtdicke, deren Änderung bei dem beschriebenen Instrument *durch Parallelverschiebung zweier absorbierenden Prismen* bewirkt werden kann, ist also ein Maß der Temperatur. Im übrigen ist das Pyrometer fast genau demjenigen gleich, welches von Hrn. H. Le Chatelier in seinem, mit Hrn. O. Boudouard zusammen herausgegebenen Buch (*Mesure des températures élevées.* Paris 1900. *S. 159*) beschrieben ist. Die sonstigen Einzelheiten sind aus der beigefügten Abbildung ersichtlich. A und A' sind zwei gleichstarke Rauchgläser, von denen A für die Messung weniger hoher Temperaturen entfernt werden kann; P und P' sind die beiden absorbierenden Prismen, deren Verschiebung an einer Skale (in der Figur nicht angegeben) abgelesen werden kann. Bei d befindet sich ein festes Diaphragma, sodaß die Angaben des Instruments unabhängig von der Ofenentfernung sind. G ist eine planparallele Glasplatte, welche einen versilberten Streifen $a\,b$ trägt. An diesem werden die von der Lampe L ausgesandten Strahlen reflektiert, während die in der Richtung des anvisierten Körpers eintretenden neben dem Streifen hindurchgehen. Auf diese Weise soll es ermöglicht werden, die Helligkeiten scharf zu vergleichen. Am Okular bei r befindet sich noch ein rotes Glas zur Definition der Wellenlänge.

Zahlenmäßige Beobachtungen werden nicht mitgeteilt, obwohl es wünschenswert wäre, Genaueres über die Abweichungen der Angaben des Instruments von dem oben mitgeteilten Gesetz zu erfahren. So ist es nicht möglich festzustellen, ob sich prismenförmige Rauchgläser von hinreichend gleichförmiger Absorption herstellen lassen. Die „Fehler" des Instruments zwischen 1000° und 1500° sollen noch nicht 10°, entsprechend 1 *mm* auf der Skale, erreichen. *Rt.*

Über die Verwendung des elektrolytischen Detektors in der Brückenkombination.

Von W. Nernst und F. von Lerch. *Ann. d. Physik* **15.** *S. 836. 1904; Gött. Nachr. 1904. S. 166.*

Bei der Nernstschen Methode zur Messung von Dielektrizitätskonstanten leitender Flüssigkeiten mittels schneller Schwingungen in der Brückenkombination fehlte es bisher an einem guten Nullinstrument. Dieses ist nun in dem von W. Schloemilch (*Elektrotechn. Zeitschr.* **24.** *S. 959. 1903*) entdeckten elektrolytischen Wellenindikator gefunden worden, den zugleich und unabhängig die Verf. konstruiert haben.

Der Detektor läßt sich in einfacher Weise, wie folgt, herstellen. In ein Becherglas mit verdünnter Schwefelsäure oder Kalilauge tauchen zwei Platinelektroden, die mit 2 Volt polarisiert werden. Die eine von ihnen, ein 0,02 *mm* dicker Platindraht, der kurz unterhalb seiner Einschmelzstelle in ein Glasrohr abgeschnitten ist, bildet die (möglichst kleine) Anode.

im gleichen Stromkreise befindet sich ein Telephon oder Galvanometer. Geht eine elektrische Welle durch die Zelle, die zugleich im Nullzweige der Brücke liegt, hindurch, so wird der Übergangswiderstand an der Anode vermindert, stellt sich aber momentan auf seinen alten Wert ein. Die hierdurch im Polarisationskreise hervorgerufenen Stromschwankungen stehen ihrer Größe nach im Verhältnis zur Stärke der hindurchgegangenen Wellen, sodaß man mit dem Telephon das Minimum aufsuchen kann. Die Empfindlichkeit dieser Anordnung ist ziemlich groß, da der Detektor bei Benutzung des Dolezalekschen Wechselstromerzeugers (*diese Zeitschr.* ***23.*** *S. 240. 1903*) auf wenige hunderttausendstel Ampere ansprach. Für ein gutes Minimum ist Reinheit der angewandten Schwingungen notwendig, weshalb der Wechselstrom des Induktoriums durch zweimalige Resonanz in Kreisen mit großer Kapazität und kleiner Selbstinduktion gereinigt wurde, ehe er in die Brücke kam. Dann aber stand die Genauigkeit der Einstellung kaum der in der Anordnung von Kohlrausch nach, was durch einige Messungen bekannter Dielektrizitätskonstanten und Flüssigkeitswiderstände bewiesen wurde. Für Widerstandsmessungen ist die Methode nur dann von Wert, wenn es sich um gut leitende Lösungen handelt, die durch platiniertes Platin katalysiert werden. In der Nernstschen Anordnung ist nämlich infolge der hohen Wechselzahl die Polarisationskapazität blanker Elektroden groß genug, um ein gutes Minimum zu geben, was bei den sonst üblichen geringen Wechselzahlen nur für große Widerstände zutrifft. *v. St.*

Interferenzstreifen, die durch zwei zueinander senkrechte Spiegel hervorgerufen werden.

Von G. Lippmann. *Compt. rend.* ***140.*** *S. 21. 1905.*

Das vom Verf. als neu beschriebene Experiment ist identisch mit dem von Michelson vor 15 Jahren im *Amer. Journ. of Science* ***39.*** *S. 216. 1890* veröffentlichten einfachen Interferenzversuch. Michelsons Arbeit ist referiert in *Beibl. zu Wied. Ann.* ***14.*** *S. 803. 1890* und in *dieser Zeitschr.* ***11.*** *S. 142. 1891.* *Lö.*

Über eine synchronisierende Bremse.

Von H. Abraham. *Compt. rend.* ***140.*** *S. 368. 1905.*

Bei vielen Versuchen werden Synchronmotoren zum Antrieb von Apparaten benutzt und es sind unbequeme Hülfsmittel notwendig, um den Motor in Gang zu bringen. Um dies zu erleichtern, setzt Abraham auf die Achse des Synchronmotors eine gezahnte Kupferscheibe, deren Zähne sich durch den Luftraum eines Elektromagnets drehen. Der Elektromagnet wird von demselben Wechselstrom wie der Synchronmotor gespeist. Ist Synchronismus eingetreten, so sei der Elektromagnet so eingestellt, daß das Feld im Luftspalt immer in dem Augenblick gleich Null ist, wo ein Zahn sich hindurchbewegt. Alsdann können in der Scheibe keine Wirbelströme entstehen. Läuft aber der Synchronmotor z. B. etwas zu schnell, so bremsen die in den Zähnen entstehenden Wirbelströme, bis der Synchronismus erreicht ist. Um den Synchronmotor in Betrieb zu setzen, braucht man ihm also nur eine größere Drehgeschwindigkeit zu geben, als der Synchronismus erfordert, dann fällt er durch die Bremsung von selbst in den Tritt. *E. O.*

Neu erschienene Bücher.

Jellneks Anleitung zur Ausführung meteorologischer Beobachtungen nebst einer Sammlung von Hülfstafeln. In 2 Tln. 5. umgearb. Aufl. Hrsg. von d. Direktion der k. k. Zentralanstalt f. Meteor. u. Geodynamik. I. Tl. Anleitg. z. Ausführg. meteor. Beob. an Stationen I. bis IV. Ord. Lex. 8°. IX, 127 S. m. 4 Taf. u. 37 Fig. Wien 1905 (Kommissionsverlag von W. Engelmann, Leipzig).

Die neue Auflage dieses bekannten Buches, wovon jedoch bis jetzt nur der erste Teil vorliegt, zeigt wesentliche Erweiterungen gegenüber den früheren Ausgaben. Schon Jelinek

selbst bezweckte. den Beobachter nicht nur anzuleiten, sondern auch zu beraten und überdies durch entsprechendes Ausgreifen in die meteorologische Instrumentenkunde und eine Sammlung von vielen Hülfstafeln auch in weiteren Kreisen sich nützlich zu machen. In der von Hann besorgten dritten und vierten Auflage wurde dieses Prinzip noch schärfer und für Beobachter bequemer zum Ausdruck gebracht durch Trennung des Buches in zwei Teile, von denen der erste ausschließlich „Anleitung" für Stationen II. und III. Ordnung war. Die neue Auflage, von Pernter bearbeitet, geht noch weiter, indem sie schon im ersten Teile über alle in weiteren Kreisen verbreiteten meteorologischen Instrumente Aufschluß gibt, indem sie also alle an Stationen jeder Ordnung in Verwendung kommenden Apparate darstellt und beschreibt. Der zweite Teil hingegen soll so ausgearbeitet werden, daß er außer einer großen Sammlung von Hülfstafeln auch eine wissenschaftliche meteorologische Instrumentenkunde bringt.

Im ersten Teile sind bei der Beschreibung der Apparate natürlich vorwiegend österreichische Verhältnisse berücksichtigt, daneben aber auch einige Instrumente allgemeineren Interesses, z. B. die Richardschen Registrier-Instrumente, der selbstregistrierende Regenmesser von Hellmann-Fueß, das Aßmannsche Aspirationspsychrometer, das Haarhygrometer von Schmid. Wesentlich ausführlicher als früher sind besprochen: die Wolkenformen (mit 4 Tafeln), die Gewitter und die atmosphärischen Lichterscheinungen. In einem Anhange von kaum 30 Seiten sind behandelt: Zeitbestimmung, Beobachtungen der temporären Schneegrenze und der Eisverhältnisse der Flüsse, Ozonbeobachtungen, Thermometer zur Messung der Sonnenstrahlung und der nächtlichen Strahlung, Sonnenschein-Autograph, Verdunstungsmesser, phänologische Beobachtungen, Erdbebenbeobachtungen, Instruktion über das Verhalten bei Auffindung unbemannter Ballons, Veröffentlichung der Beobachtungen der meteorologischen Zentralanstalt, Preise der Instrumente, Barometerreduktionstafel.

Wie man sieht, ist in dem kleinen Buch vielerlei zusammengedrängt. Die Folge davon ist, daß speziell bei den Instrumenten die Anleitung manchmal stark gegen die Beschreibung zurücktritt; es würden daher Literaturnachweise recht erwünscht sein. Beispielsweise reicht die nur eine Seite umfassende Beschreibung des Aspirationspsychrometers kaum aus zur Anweisung im richtigen Gebrauch dieses empfindlichen und sorgfältig zu behandelnden Instruments. *Sg.*

Sammlung Göschen. kl. 8°. Leipzig, G. J. Göschen. Jedes Bändchen geb. in Leinw. 0,80 M.
11. A. F. Möbius, Astronomie. Größe, Bewegg. u. Entferng. der Himmelskörper. 10. verb. Aufl., bearb. v. Prof. Dr. W. F. Wislicenus. 2. Abdr. 170 S. m. 36 Abbildgn. u. 1 Karte des nördl. Sternhimmels. 1905. — 196. J. Herrmann, Elektrotechnik. Einführg. in die moderne Gleich- u. Wechselstromtechnik. 1. Tl. Die physikal. Grundlagen. Neudruck. 127 S. m. 47 Fig. 1905. — 240. u. 241. A. Legahn, Physiolog. Chemie. 1. Tl. Assimilation. 134 S. m. 2 Taf. 1905; 2 Tl. Dissimilation. 138 S. m. 1 Taf. 1905. — 242. K. Walter u. M. Röttinger, Technische Wärmelehre (Thermodynamik). 144 S. m. 54 Fig. 1905. — 243. G. Mahler, Physikalische Aufgabensammlung. Mit den Resultaten. 118 S. 1905.

H. Ebert, Magnetische Kraftfelder. Die Erscheingn. des Magnetismus, Elektromagnetismus u. der Induktion, dargestellt auf Grund des Kraftlinien-Begriffes. 2., vollkommen neubearb. Aufl. gr. 8°. XII, 415 S. m. 167 Abbildgn. Leipzig, J. A. Barth 1905. 7,00 M.; geb. in Leinw. 8,00 M.

H. Poincaré u. F. K. Vreeland, *Maxwell's Theory and Wireless Telegraphy.* 8°. 270 S. m. Fig. Geb. in Leinw. 11,00 M.

I. Maxwell's Theory and Hertzian Oscillations by Poincaré, translated by Vreeland. II. Principles of Wireless Telegraphy by Vreeland.

A. Russell, *Treatise on the Theory of Alternating Currents. Vol. I.* 8°. Mit Illustrationen. Cambridge 1904. Geb. in Leinw. 12,00 M.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Kuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. H. Landolt, Vorsitzender, Prof. Dr. A. Westphal, geschäftsführendes Mitglied,
Dr. H. Krüss, Dr. S. Czapski.

Redaktion: Prof. Dr. St. Lindeck in Charlottenburg-Berlin.

XXV. Jahrgang. **Juni 1905.** Sechstes Heft.

Ein Quarzspektrograph für astrophysikalische Zwecke.

Von
Prof. Dr. **J. Hartmann** in Potsdam.

Bekanntlich sind die in den Spaltspektrographen eintretenden Lichtverluste so groß, daß bei Verbindnng dieser Apparate mit einem Refraktor nur wenige Prozent des in das Fernrohrobjektiv einfallenden Lichts die photographische Platte erreichen. Da das Objektivprisma in dieser Hinsicht viel günstiger wirkt, so hat man ihm von jeher für die Spektralaufnahmen der lichtschwächeren Himmelskörper den Vorzug gegeben. Schon seit langer Zeit beabsichtigte ich daher, einen auf dem Prinzip des Objektivprismas beruhenden Quarzspektrographen zu konstruieren, um mit demselben nicht nur die Sternspektra weiter, als dies bisher mit anderen Apparaten möglich war, nach der ultravioletten Seite hin zu verfolgen, sondern auch eine Reihe anderer Arbeiten, von denen weiter unten noch die Rede sein wird, damit in Angriff zu nehmen. Eine auf diesen Apparat bezügliche Berechnung veröffentlichte ich in *dieser Zeitschr.* **20.** *S. 19. 1900.* Ich zeigte damals, daß bei einem Spektrographen, der nur ein Quarzprisma von 60° und eine plankonvexe Quarzlinse enthält, das Spektrum eines Sterns nahe in einer Ebene abgebildet wird, die der Richtung des einfallenden Strahls parallel ist, während die Ablenkung durch das Prisma etwa 45° beträgt. Nachdem Vorversuche die Brauchbarkeit und insbesondere die große Lichtstärke eines derartigen Spektrographen bestätigt hatten, wurde ein solcher im Jahre 1903 von der Firma Toepfer & Sohn in Potsdam für das Astrophysikalische Observatorium gebaut.

Die Konstruktion ist aus dem in Fig. 1 gegebenen Längsdurchschnitte in $1/3$ der Originalgröße ersichtlich; die äußere Ansicht des Instrumentes zeigt der rechte Teil der Fig. 2. Die beim Bau aller Sternspektrographen zu beachtende Bedingung größter Stabilität bei möglichst geringem Gewicht wurde hier in sehr vollkommener Weise folgendermaßen erfüllt. Das ganze Gestell des Apparates, nämlich die 11 *mm* starke Grundplatte *AB*, die beiden Seitenwände *CC* und deren obere Verbindung *DD* wurden aus einem Stück gegossen, wodurch alle Biegungen vermieden werden, die sonst leicht eintreten, wenn man senkrecht aufeinander stehende Wände nur durch Schrauben verbindet. Nur die untere Verbindung *EE* der Seitenwände mußte, um die optischen Teile zugänglich zu machen, in der letzteren Art durch sechs Schrauben eingefügt werden. Zur Verminderung des Gewichtes wurden die Wände in der aus den Abbildungen ersichtlichen Weise durchbrochen und zur Versteifung alle Ränder mit Wulsten versehen. Hierdurch wurde bei großer Festigkeit doch eine sehr gefällige Form des Instrumentes erreicht. Da ferner der ganze bisher beschriebene Teil aus Nickelaluminium gegossen wurde, welches bei geringem spezifischem Gewicht doch genügend fest und gut zu bearbeiten ist, so wiegt der vollständige Spektrograph nur 5,3 *kg*.

Die optischen Teile wurden in der von Young[1]) vorgeschlagenen Stellung angeordnet, bei welcher das 60°-Prisma in zwei Halbprismen von 30° zerlegt ist, die einzeln nicht im Minimum der Ablenkung, sondern so aufgestellt sind, daß das Licht senkrecht zur Kathetenfläche ein- bezw. austritt. Die beiden Halbprismen G_1 und G_2 aus rechts- und linksdrehendem Quarz sind so groß, daß die Kathetenfläche ein Strahlenbündel von 40 *mm* Durchmesser vollständig aufnehmen kann, und die gleiche Öffnung hat auch die einfache als Kameraobjektiv dienende Quarzlinse. Letztere

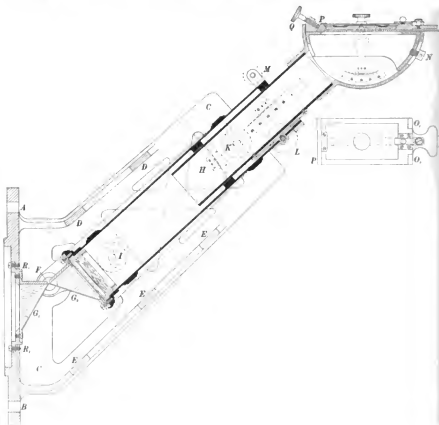


Fig. 1.

hat 32 *cm* Brennweite, also das Öffnungsverhältnis 1 : 8, und wurde von der Firma C. A. Steinheil Söhne durch Retusche von der sphärischen Aberration befreit. In wie hohem Grade dies gelungen ist, zeigt die folgende Tabelle der Zonenfehler, in der r den Radius der Zone und $\varDelta F$ die sphärische Längenaberration bezeichnet.

r	$\varDelta F$
3,6 *mm*	− 0,12 *mm*
5,5	+ 0,18
7,5	− 0,10
9,5	− 0,01

[1]) *Nature* **5.** *S. 85. 1871.*

r	ΔF
11,7 *mm*	+ 0,09 *mm*
13,7	+ 0,04
15,4	+ 0,07
17,3	+ 0,04
19,5	— 0,11

Die Fassungen der Prismen sind auf der Grundplatte AB bezw. vor dem Kameraobjektiv so befestigt, daß zum Zwecke der Justierung noch eine geringe Drehung um die Normale der Kathetenfläche möglich ist. Das Kamerarohr, das, wie alle beweglichen Teile, aus Messing besteht, ist fest mit zwei seitlichen Kulissen verbunden, die um zwei bei F in den Seitenwänden gelagerte Zapfen drehbar sind. Die Achse dieser Zapfen liegt ganz dicht bei den nur 1 *mm* voneinander entfernten Kanten der beiden Prismen. Die Stellung der Kamera ist bei H an einem Kreisbogen mittels Nonius auf 2' abzulesen, und nach erfolgter Einstellung wird der Kamerateil durch vier bei I und K befindliche kräftige Schrauben fest mit den Seitenwänden des Gehäuses verbunden. Durch einen leichten Schutzkasten sind die Prismen lichtdicht abgedeckt.

Diese Youngsche Art der Prismenstellung hat bekanntlich zwei Vorzüge. Erstens nehmen die Prismen bei gegebener Größe einen größeren Querschnitt des einfallenden Lichtbündels auf und sind also lichtstärker, als wenn man sie durch Zusammenlegung der beiden Kathetenflächen zu einem — im vorliegenden Falle Cornuschen — 60°-Prisma vereinigen würde. Während bei der hier gewählten Anordnung der Querschnitt des aufgenommenen Lichtbündels 40 *mm* beträgt, würde er sich bei dem Cornuschen Prisma auf 29 *mm* reduzieren. Zweitens befindet sich, wenn das Licht senkrecht in das Prisma G_1 eintritt, bei jeder Stellung der Kamera der Achsenstrahl von selbst im Minimum der Ablenkung, sodaß die namentlich bei Aufnahmen im Ultraviolett mühsame Einstellung des Prismas in das Minimum der Ablenkung in Wegfall kommt. Für Quarzapparate, bei denen ja so wie so schon die Halbprismen vorhanden sind, sollte man sich meines Erachtens stets dieser vorteilhaften Konstruktion bedienen.

Das Kamerarohr hat einen durch den Trieb L verstellbaren 40 *mm* langen Auszug, der durch die Ringklemme M festgeklemmt, und dessen Stellung mit Nonius auf 0,1 *mm* abgelesen werden kann. Die Neigung der Kassette gegen die optische Achse der Kamera ist innerhalb 20° verstellbar und wird an einem Kreisbogen auf 0,1° abgelesen; nach erfolgter Einstellung wird die Klemmung durch die Schraube N bewirkt.

Die für das Plattenformat 30 × 65 *mm* eingerichtete Kassette wird zur Befestigung an der Kamera mit den abgeschrägten Flächen O_1 und O_2 unter entsprechende Abschrägungen des Kassettenträgers geschoben, worauf die Festklemmung durch Anziehen der Schraube Q gegen die Fläche P erfolgt. Diese Art der Befestigung der Kassette dürfte dem bisher meistens üblichen Einschieben derselben in eine aus zwei parallelen Nuten bestehende Schlittenführung aus zwei Gründen vorzuziehen sein. Erstens ist die Herstellung der angegebenen Klemmvorrichtung einfacher als das genaue Einpassen mehrerer Kassetten in dieselbe Schlittenführung, und zweitens ist die Verbindung der Kassetten mit der Kamera bedeutend sicherer, da ein völlig fester Anschlag sowohl in der Richtung der optischen Achse der Kamera als auch in der Richtung des Spektrums vorhanden ist.

Die Justierung des beschriebenen Spektrographen findet folgendermaßen statt. Zuerst sind die Kanten der Prismen der Drehungsachse des Kamerarohrs parallel zu richten. Diese Achse wurde schon vom Mechaniker sowohl der Grundplatte AB

als auch der vorderen Anschlagfläche des Kamerarohrs parallel gerichtet und liegt folglich den Kathetenflächen der Prismen parallel. Um den Parallelismus zwischen der Drehungsachse und den brechenden Kanten der Prismen herzustellen, sind also nur noch die beiden Hypotenusenflächen G_1 und G_2 der Achse parallel zu richten, was durch Drehung der Prismen um die Normale der Kathetenfläche erfolgt.

Man entfernt zu diesem Zwecke die untere Verbindungswand *EE* und das Prisma G_2. Das Kamerarohr läßt sich dann um die Zapfen *F* soweit herumdrehen, daß die optische Achse senkrecht auf der Hypotenusenfläche G_1 steht. An Stelle der Kassette wird ein Okular (vgl. Fig. 2 rechts unten) eingesetzt, in welchem der Ort der Rohrachse durch eine Metallspitze bezeichnet ist. Indem man diese Spitze vom Auge her wie im Gaußschen Okular beleuchtet, kann man nach Lockerung der Schrauben $R_1 R_2$ das Prisma so drehen, daß die Spitze mit ihrem von der Fläche G_1 reflektierten Spiegelbild zusammenfällt; alsdann steht die Fläche G_1 senkrecht zur Rohrachse, ist also parallel zur Drehungsachse der Kamera. Genau auf dieselbe Weise wird dann auch das Prisma G_2 in die richtige Stellung gebracht. Ist dies geschehen, so bringt man durch Einstellung mit der erwähnten Spitze die gewünschte Gegend des Spektrums in die optische Achse der Kamera und klemmt letztere mit den Schrauben *I* und *K* fest. Die Bestimmung der richtigen Neigung und Fokussierung der Platte wurde an anderer Stelle[1]) eingehend beschrieben und kann daher hier übergangen werden.

In der bisher besprochenen Form, die man nach der englischen, bereits seit längerer Zeit gebräuchlichen Bezeichnung „*prismatic camera*" Prismenkamera nennen wird, hat mir der Spektrograph zunächst dazu gedient, die Sternspektra bis zur Wellenlänge λ 3100 zu verfolgen. Der Apparat hat sich dabei als so lichtstark erwiesen, daß z. B. bei einem Sterne dritter Größe eine Belichtung von 10 Minuten genügt, um ein 0,1 *mm* breites Spektrum zu erhalten. Sehr brauchbar ist der Apparat ferner zur Aufnahme der Spektra von Nebeln und Kometen, da diese Himmelskörper von der kurzen Kamera sehr klein und daher lichtstark abgebildet werden. So zeigt beispielsweise eine 150 Minuten belichtete Aufnahme des planetarischen Nebels *G.C.* 4373 fünfzehn Linien des Nebelspektrums, während die mit dem großen 80 *cm*-Refraktor verbundenen Spaltspektrographen in derselben Belichtungszeit nie mehr als vier Linien ergaben. Ferner gelang es mir, mit dem kleinen Quarzspektrographen im Orionnebel Gegenden aufzufinden, die fast nur das ultraviolette Licht von der Wellenlänge 3727 aussenden[2]).

Die lineare Ausdehnung des Spektrums beträgt zwischen den Wellenlängen 2900 und 5000 22 *mm*; einer Wellenlängendifferenz von 1 Å.E. entspricht bei λ 4400 auf der Platte eine Strecke von 0,0064 *mm*, bei λ 3000 0,020 *mm*, sodaß man durch Ausmessung der Platten die Wellenlängen überall auf 0,1 Å.E. ableiten kann. Selbstverständlich ist die auflösende Kraft dieses Spektrographen nur gering, sodaß schwache Absorptionslinien der Sternspektra, namentlich bei unruhiger Luft, leicht verschwinden, und benachbarte Linien zusammenfließen. Dieser Übelstand kommt jedoch bei der wichtigsten Aufgabe, für welche der Apparat bestimmt ist, überhaupt nicht in Betracht. Der Quarzspektrograph soll nämlich zu einer genauen photometrischen Untersuchung über die Intensitätsverteilung in den Spektren der verschiedenen Sterntypen und somit zur Temperaturbestimmung der Sterne dienen. Um bei diesen Messungen möglichst wenig durch die Absorption in der Erdatmosphäre gestört zu werden, wird

[1]) *Diese Zeitschr.* **24.** *S. 260. 1904.*
[2]) *Sitzungsber. d. Berl. Akad. 1905. S. 360.*

es notwendig sein, dieselben auf einer günstig gelegenen Höhenstation auszuführen, und dies war mitbestimmend dafür, daß der Apparat möglichst leicht und bequem transportierbar gebaut wurde.

Außer der bisher besprochenen Anwendung als Prismenkamera ist der beschriebene Apparat zweitens noch dazu bestimmt, als Teil eines lichtstarken Spaltspektrographen zu dienen, der am 80 *cm*-Refraktor des Astrophysikalischen Observatoriums zur Aufnahme schwacher Sternspektra Verwendung findet. Zu diesem Zwecke wird er in der aus Fig. 2 ersichtlichen Weise mit einem den Kollimator enthaltenden Teile verbunden.

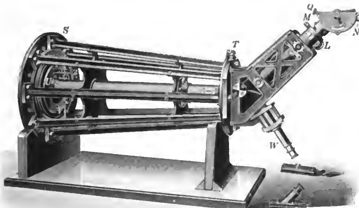


Fig. 2.

Bei der Konstruktion dieses Kollimatorteils wurde darauf Rücksicht genommen, daß derselbe auch für beliebige andere Spektralapparate am 80 *cm*-Refraktor benutzt werden kann. In der Tat sind ja die Dimensionen des Kollimators ganz unabhängig von der speziellen Beschaffenheit der übrigen Teile des Spektralapparates, d. h. des dispergierenden Systems und der Kamera, sobald man einen festen Wert für die freie Öffnung der dispergierenden Systeme angenommen hat. Aus praktischen Gründen empfiehlt es sich, hierfür bei größeren Instrumenten den Betrag von 40 *mm* anzunehmen, da erfahrungsgemäß in dieser Größe sowohl Gitter als auch Prismen von tadelloser Beschaffenheit nicht allzuschwer zu beschaffen sind. Da der 80 *cm*-Refraktor das Öffnungsverhältnis 1:15 hat, so ergab sich hieraus eine Kollimatorlänge von 60 *cm*.

Das Gestell des Kollimatorteils wurde allein unter dem Gesichtspunkte der größten Festigkeit ohne allzuängstliche Rücksicht auf das Gewicht gebaut, und zur Vermeidung thermischer Verspannungen wurden alle Teile aus Eisen bezw. Stahl hergestellt. In der äußeren Form lehnt sich dieser Kollimatorteil an die vorzügliche, von Vogel angegebene Konstruktion des früheren Potsdamer Spektrographen[1]) an.

Als Träger des ganzen Instrumentes dient die Grundplatte *S*, welche durch acht Schrauben fest mit dem Auszug des Refraktors verbunden werden kann. Der Durchmesser dieser Platte wurde, um eine möglichst breite Basis für das Gestell zu gewinnen, so groß gewählt, wie es die benachbarten Okularteile des Refraktors eben noch zulassen; sie hat 38 *cm* Durchmesser und 10 *mm* Stärke. Ihre Steifigkeit wurde

[1]) *Publ. d. Astrophys. Observ. z. Potsdam* **7**, *I. S. 9. 1892.*

durch eine tellerartige Form erhöht, und jeder Einfluß einer etwaigen Biegung noch dadurch unmöglich gemacht, daß die acht Seitenstreben des Gestells in demselben Abstand von der Mitte des Tellers aufgesetzt sind, in welchem auch die acht Schrauben zur Befestigung am Refraktor liegen. Die im Querschnitt T-förmigen Streben wurden mit ihren beiderseitigen kräftigen Endschuhen in einem Stück aus Gußstahl hergestellt. Sie konvergieren nach der 8 *mm* starken und durch eine ringförmige Rippe versteiften Endplatte *T* des Kollimatorteils, mit der sie ebenso wie mit der Grundplatte fest verschraubt sind. Die Anschlagfläche der Endplatte hat 25 *cm* Durchmesser und liegt in 64 *cm* Abstand von der Grundplatte dieser genau parallel, da beide Platten gemeinsam auf der Bank abgedreht wurden. Um das zentrische und lichtdichte Zusammensetzen mit den anderen Teilen zu erleichtern, haben die Anschlagflächen beider Platten Zentrierbunde.

Zur weiteren Versteifung des Gestells sind zwischen die Streben zwei sternförmige 4 *mm* starke Stahlplatten in $^1/_4$ und $^3/_4$ der Entfernung zwischen den beiden Endplatten eingesetzt und fest mit den Streben verschraubt. Diese Stahlplatten tragen in ihrer Mitte die Lagerstücke für den 60 *cm* langen Kollimator, der aus einem 2 *mm* starken Stahlrohr besteht. Nur zum Zwecke der Justierung ist eine ganz geringe Längsverschiebung des Kollimators in seinen Lagern vorgesehen; später ist er durch acht Schrauben dauernd mit den Lagerstücken verbunden.

Der Spaltkopf ist fest, also ohne Vermittelung eines die Drehung des Spaltes um die Kollimatorachse ermöglichenden Zwischenstücks, in das Rohr eingesetzt. Eine solche Drehung des Spaltes um 90° ist nur bei Spektrometern zur Erleichterung der richtigen Aufstellung eines Prismas oder Gitters von Nutzen; bei Spektralapparaten mit festem Ablenkungswinkel ist sie gänzlich nutzlos, da die Parallelstellung des Spaltes zur brechenden Kante des Prismas einfacher und sicherer entweder durch Drehung des ganzen Kollimators in seinen Lagern oder wie im vorliegenden Falle durch Drehung des ganzen dispergierenden Teils gegen den Kollimatorteil in der Anschlagfläche *T* erfolgt. Um letztere Drehung mit Sicherheit ausführen zu können, trägt der Kollimatorteil bei *T* einen Stahlzapfen, gegen welchen eine an dem Kamerateil angebrachte Tangentialschraube stößt. Ist diese Schraube einmal richtig eingestellt, so kommen die beiden Teile des Spektrographen beim Zusammensetzen sofort in die richtige Lage.

Die Spaltschraube hat 0,25 *mm* Ganghöhe, und ihre Trommel *Z* von 5 *cm* Durchmesser ist in 100 Teile geteilt, sodaß die Spaltweite auf 0,00025 *mm* abgelesen werden kann. Dicht vor dem Spalt befindet sich eine Blende zur seitlichen Begrenzung des Spektrums von der früher[1]) von mir angegebenen Form. Dieselbe wird von einer Führungsstange *V* getragen, die in zwei auf der Stahlplatte *U* befestigten Lagern gleitet. Die Bewegung wird einerseits durch einen festen Anschlag, andererseits durch fünf verschieden hohe, auf einer Revolverscheibe angeordnete, verstellbare Kontaktschrauben begrenzt. Der Beobachter ist hierdurch in den Stand gesetzt, für die verschiedenen Anwendungen des Spektrographen am Himmel und im Laboratorium eine Anzahl passender seitlicher Begrenzungen des Spektrums dauernd einzustellen. Die Scheibe *U* ist vom Spaltkopf ganz getrennt direkt auf der Grundplatte *S* befestigt, wodurch jeder schädliche Druck auf den Spalt beim Bewegen der Blende vermieden wird. Um eine symmetrische Einlagerung des Sternspektrums zwischen die beiden Vergleichsspektren zu erreichen, muß man die Bewegung der Blende genau senkrecht

[1]) *Diese Zeitschr.* **20.** *S. 57. 1900.*

zur Richtung des Spaltes stellen. Zu diesem Zwecke ist die Scheibe U auf S mittels eines Zentrierbundes drehbar aufgesetzt.

Das Objektiv des Kollimators hat nach dem oben Gesagten 40 *mm* Öffnung und 60 *cm* Brennweite und wurde auf meinen Vorschlag von der Firma C. A. Steinheil Söhne aus Quarz und dem Jenaer U.V.-Glas hergestellt, wodurch eine möglichst große Steigerung der Lichtdurchlässigkeit bei mäßigem Preise (gegenüber den teuren Quarz-Flußspatlinsen) bezweckt wurde. Die Konstruktion dieses Objektivs ist recht gut gelungen, wie sich aus den folgenden, durch extrafokale Messungen bestimmten Beträgen der Zonenfehler ergibt:

r	ΔF
5 *mm*	+ 0,44 *mm*
7	+ 0,26
9	− 0,31
11	− 0,33
13	− 0,09
15	+ 0,01
17	+ 0,22
19	− 0,19

Die Farbenkurve bestimmte ich nach dem in *dieser Zeitschr.* **24.** *S. 106. 1904* von mir angegebenen Verfahren mit Hülfe des Kadmiumfunkens. Es ergab sich die in Fig. 3 dargestellte Kurve.

Nach der Bestellung sollte der Wendepunkt in der Nähe von $\lambda = 400\ \mu\mu$ liegen, und dies ist, wie man sieht, auch erreicht worden. Selbstverständlich kommt bei der Verbindung dieses Spektrographen mit dem 80 *cm*-Refraktor seine Durchlässigkeit für ultraviolettes Licht nicht zur Geltung, da das große 80 *cm*-Objektiv alle Wellenlängen unterhalb $\lambda = 360\ \mu\mu$ vollständig abschneidet; im Laboratorium reicht jedoch das von dem Apparate entworfene Spektrum bei kurzer Belichtung schon bis $\lambda = 285\ \mu\mu$.

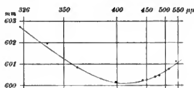


Fig. 3.

Bei der Verwendung des Spektrographen am Refraktor wird noch das kleine in Fig. 2 mit W bezeichnete Fernrohr angesetzt, welches das von der ersten Fläche des zweiten Halbprismas reflektierte, also vom ersten Prisma schon in ein kurzes Spektrum zerlegte Licht aufnimmt und dazu dient, nach der von Vogel angegebenen Methode das Bild des Sterns während der Aufnahme auf dem Spalt zu halten.

Potsdam, Astrophys. Observatorium, den 30. März 1905.

Ein Makro-Vertikalseismometer.

Von
T. Tamaru aus Tōkyō.

Während für die Messung der horizontalen makro- sowie mikroseismischen Bewegungen Instrumente in verschiedenen Formen mit Erfolg konstruiert worden sind, sind meines Wissens diejenigen für vertikale Bewegungen, wenigstens in praktischer Hinsicht, unvollkommen geblieben.

Im Jahre 1903 habe ich ein Vertikalseismometer nach einem anderswo veröffentlichten Prinzip[1]) konstruieren lassen und es gelegentlich der 2. Internationalen

[1]) *Physik. Zeitschr.* **4.** *S. 637. 1903.*

Seismologischen Konferenz zu Straßburg 1903 ausgestellt. Das provisorisch gebaute Instrument befriedigte zwar in einigen Nebenteilen nicht, da es aber in den wichtigen Punkten ganz gut funktionierte, so habe ich seitdem noch zwei Instrumente nach demselben Prinzip mit einigen Abänderungen entworfen, welche zur praktischen Beobachtung brauchbar sein sollten, das eine für makro-, das andere für mikroseismische Bewegungen.

Man könnte der Meinung sein, ein Instrument, welches mikroseismische Bewegungen richtig wiedergibt, müsse größere Bewegungen mit größerer Klarheit registrieren können. Dies ist aber nicht immer der Fall. Sollte sich ein Instrument herstellen lassen, welches bei heftigen horizontalen und vertikalen Erderschütterungen vollkommen (namentlich an den Berührungsstellen seiner Teile) unbeschädigt bleibt und dabei eine so große Empfindlichkeit hat, mikroseismische Bewegungen zu registrieren, dann würde es natürlich für alle Zwecke genügen. Andernfalls ist man darauf angewiesen, zwei Instrumente zu konstruieren, das eine mit einer mäßigen Vergrößerung, aber sicherer Verkoppelung, das andere mit einer stärkeren Vergrößerung, aber einer loseren Verkoppelung, die für heftige Erdbeben nicht sicher zu sein braucht. Das hier zu beschreibende Instrument gehört der ersten Gattung an und ist bestimmt, fühlbare Erdbeben mit einer etwa 11-fachen Vergrößerung zu registrieren.

Das Prinzip ist folgendes. $BGCB'$ (Fig. 1) sei ein starres, um eine horizontale, zur Zeichnungsebene senkrechte Achse C drehbares System, dessen Schwerpunkt sich in G befinden mag. AB und $A'B'$ seien Spiralfedern, die in A bezw. A' an dem Gestell des Instrumentes befestigt sind und in B bezw. B' auf das starre System wirken. B soll auf der Geraden CG liegen und CB' soll zu derselben senkrecht sein. A und A' sollen sich vertikal oberhalb von B_0 (Lage von B, wenn BC horizontal ist) bezw. C befinden. Es bedeute W das Gewicht des starren Systems in *kg*, und es sei

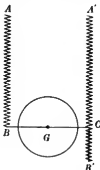


Fig. 1.

$$CG = b \qquad CB = a \qquad B_0A = h \qquad CB' = a' \qquad CA' = h'.$$

Ferner sei λ, λ' der Elastizitätskoeffizient der Feder AB („Hauptfeder") bezw. der Feder $A'B'$ („Nebenfeder"), d. h. die Spannungszunahme in *kg* für 1 *cm* Verlängerung, l, l' die mittels λ bezw. λ' berechnete Länge der Haupt- und Nebenfeder für die Spannung Null. Dieselbe ist nicht gleich der wirklichen Länge der Feder im ungespannten Zustande, weil, abgesehen von Abweichungen in der Proportionalität zwischen Längen- und Spannungsänderung, eine Feder mit dichten Windungen bis zu einer beträchtlichen Spannung ungedehnt bleiben kann.

Der Ausdruck für die potentielle Energie E läßt sich berechnen, wobei mit ϑ der Abweichungswinkel der Linie CB von der Horizontalen bezeichnet werde.

Es ergibt sich

$$E = \left\{\lambda a (h - l) - W b\right\} \sin\vartheta + \left\{\lambda a^2 - \lambda' a' h' \frac{a' + h' - l'}{a' + h'}\right\}\left(\frac{\vartheta^2}{2} - \frac{\vartheta^4}{24}\right)$$
$$+ \left\{-\frac{\lambda a^2 l}{h} + \frac{\lambda' a'^2 h'^2 l'}{(a' + h')^3}\right\}\frac{\vartheta^4}{8} + \ldots.$$

Das Verschwinden des Gliedes mit ϑ^3 wird bewirkt durch die Wahl des Winkels $BCB' = 90^0$ und hat den Effekt, das Eintreten der einseitigen Labilität bei größeren Schwingungsperioden zu verhindern (vgl. *a. a. O.*).

Die Gleichung

$$\lambda a (h - l) - W b = 0 \quad \ldots\ldots\ldots \quad 1)$$

sichert die Gleichgewichtslage. Das Verschwinden des zweiten Koeffizienten würde eine unendlich große Periode der als Sinusschwingung aufgefaßten Bewegung bewirken; man hat ihn also positiv und möglichst klein zu nehmen, was so bezeichnet werden mag:

$$\lambda a^2 - \lambda' a' h' \frac{a' + h' - l'}{a' + h'} = +0 \quad \ldots\ldots\ldots \quad 2)$$

Wenn man diese Differenz sehr klein, also die Periode sehr groß nimmt, wird das Glied mit ϑ^4 fühlbar, und folglich wird es notwendig, um die Stabilität des Instrumentes zu sichern, dieses Glied positiv zu wählen. Dies kann man erreichen, indem man es zuerst gleich Null, also

$$-\frac{\lambda a^2 l}{h} + \frac{\lambda' a'^2 h'^2 l'}{(a' + h')^2} = 0 \quad \ldots\ldots\ldots \quad 3)$$

nimmt und nachher den Größen a' und h' kleine, der Bedingung 2) genügende Änderungen nach Gutdünken gibt. Eine kleine Rechnung zeigt, daß diese Änderungen in dem Sinne $\delta a' =$ positiv, $\delta h' =$ negativ vorzunehmen sind.

Da die obigen Bedingungen noch viele Größen verfügbar lassen, so habe ich die folgenden Betrachtungen angestellt.

a) Wegen der oben angeführten Gründe habe ich vorgezogen, die geometrische Drehachse durch ein Paar dünner, unverrückbar gelagerter Stahlzylinder zu verwirklichen. Damit die Reibung an den Zylinderflächen möglichst klein sei, muß der Druck auf dieselben klein und die Zylinder müssen dünn sein. Dies wird am besten erfüllt, wenn man die Reaktion auf die Achsen in der Ruhelage des Systems gleich Null macht. Der Druck bei einem Erdbeben läßt sich nicht vermeiden, da er ja gerade das Wesentliche für die Wirkung des Instrumentes ist. Dies gibt die Bedingung

$$\lambda (h - l) + \lambda' (h' + a' - l') = W \quad \ldots\ldots\ldots \quad 4)$$

b) Sollen die das Gewicht tragenden Spitzen, dort wo die Federn an dem System angreifen, möglichst wenig beansprucht werden, so muß man das Gewicht gleichmäßig auf sie verteilen; also

$$\lambda (h - l) = \lambda' (h' + a' - l') \quad \ldots\ldots\ldots \quad 5)$$

c) Die Höhe des Instrumentes wird hauptsächlich durch die Lage von A, d. h. durch die Hauptfeder bestimmt. Ich nehme A' ebenso hoch wie A, damit $B'C$ möglichst klein wird, um Raum nach unten zu sparen. Somit wird

$$h' = h \quad \ldots\ldots\ldots \quad 6)$$

d) Eine weitere Spezialisierung betrifft die Größe a. Das Anzeichnen habe ich gleich einem Teil des starren Systems selbst überwiesen, um Achsen und Kontakte möglichst zu vermeiden. Damit nun das Instrument nicht unnötig große Dimensionen bekommt, muß darauf gesehen werden, daß der unbewegliche Punkt, welcher in der Entfernung $(k^2/b) + b$ von der Achse liegt (k ist der Trägheitsradius des Systems um die der Achse parallele Gerade durch den Schwerpunkt), möglichst nahe an die Achse kommt. Dazu muß k möglichst klein, d. h. die Masse muß möglichst nahe der genannten Geraden konzentriert sein, was durch eine längliche Zylinderform der Hauptmasse verwirklicht wird. Dann würde $b = k$ die beste Wahl von b geben, also $b = r/\sqrt{2}$, wenn man nur den Zylinder (mit dem Radius r) in Betracht zieht. Der Ausdruck $b + k^2/b$ aber erfährt nur kleine Änderungen, wenn b Werte in der Nachbar-

schaft der Größe k annimmt, und dabei ergibt sich durch größere Werte von b der Vorteil, daß der Druck auf die Achse bei vertikalen Bewegungen derselben herabgesetzt wird. Eine kleine Rechnung zeigt, daß durch den Wert $b = 0{,}95\,r$ (anstatt $= k = 0{,}71\,r$) $b + k^2/b$ eine Zunahme von nur 4,5%, der Druck auf die Achse aber (bei gegebener Beschleunigung derselben) eine Abnahme von 29% erfährt. Außerdem läßt das größere Trägheitsmoment um die Achse das Steigern der Periode bequemer ausführen. Indessen muß zugegeben werden, daß die Herabsetzung des Druckes beim Erdbeben in dem Sinne, die mechanische Beanspruchung der dünnen Achsen zu vermindern, in Wirklichkeit nicht so große Bedeutung hat, weil die horizontale Bewegung bei einem Erdbeben fast immer viel größer ist als die vertikale, und weil die Achse wegen der ersteren immer um die ganze Kraft — Masse mal horizontale Beschleunigung in der Richtung CG — in Anspruch genommen wird, während wegen der letzteren nur ein Bruchteil des Produktes Masse mal vertikale Beschleunigung in Betracht kommt. Die Achse muß also einen viel stärkeren Druck ertragen können als den, der bei vertikalen Bewegungen vorkommt.

Die Konstruktion des Instrumentes erfolgt nun nach den Bedingungen 1) bis 6) oder, beim Unterdrücken von $b = a/2$ und $h' = h$, nach den vier Bedingungen

$$a^2 = (h - l)\frac{a'h}{a' + h}, \qquad \frac{a^2 l \lambda}{h^3} = \frac{a'^2 l' \lambda'}{(a' + h)^3}, \qquad \frac{W}{2} = \lambda (h - l) = \lambda' (h + a' - l')$$

für die acht Größen $a, a', h, l, l', \lambda, \lambda', W$. Dabei kann man die Hauptdimensionen noch nach Belieben wählen. Man kann z. B. a, a', W, h als gegeben ansehen und die anderen, auf die Federn bezüglichen Größen λ, λ', l, l' bestimmen:

$$l = h - a^2\frac{a' + h}{a'h}, \quad \lambda = \frac{W}{2(h - l)}, \quad \lambda' = \frac{W}{2a'}\left(\frac{l(a' + h)}{h^2} + \frac{a'}{a' + h}\right), \quad l' = h + a' - \frac{W}{2\lambda'}.$$

Um eine Spiralfeder mit gewünschtem λ und l zu erhalten, mache man zuerst eine Probefeder (Windungszahl n_0, Windungsdurchmesser D_0) aus dem in Aussicht genommenen Stahldraht und bestimme λ_0 derselben. Für die gewünschte Feder ist dann

$$n D^3 = \frac{n_0 D_0^3 \lambda_0}{\lambda}.$$

Die Größen n bezw. D selber kann man nach Belieben wählen, indem man nur darauf achtet, daß die virtuelle Länge für verschwindende Spannung, vermehrt um den mit der Feder verbundenen Bügel, unter dem gewünschten l bleibt. Dann braucht man nur einen geraden Zusatzdraht von passender Länge hinzuzufügen, um das gewünschte l zu bekommen.

Das endgültige Regulieren des Instrumentes geschieht mittels h und h' — diese Größen sind zwar einander gleich gemacht, aber in geringem Maße unabhängig von einander regulierbar — und eventuell auch durch Änderung der Strecke a' und des Winkels BCB' (s. Fig. 1), d. h. durch Verstellung einer Schraube in B. Wie ersichtlich ist, bringt das Regulieren von h das System in die normale Gleichgewichtslage, das von h' regelt die Schwingungsperiode. Sollte bei Steigerung der Periode etwa einseitige Labilität eintreten, so müßte die Schraube in B entsprechend verstellt werden (vgl. *Physik. Zeitschr. a. a. O.*), was sich jedoch kaum als notwendig erweisen dürfte, wenn der Winkel BCB' merklich gleich 90° ist.

Daß ein etwas größerer Wert von a', als den Gleichungen entspricht (mit entsprechender Änderung von h'), zur Sicherung der Stabilität bei größeren Ablenkungswinkeln notwendig ist, ist schon oben erwähnt worden.

Im Einzelnen ist das Instrument, welches von G. **Bartels** in Göttingen angefertigt worden ist, folgendermaßen eingerichtet. Fig. 2 und 3 zeigen das Instru-

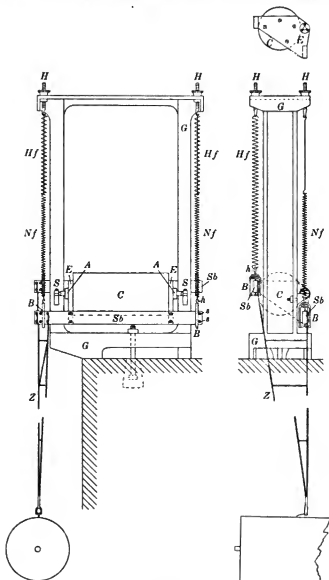


Fig. 2

ment; bei Fig. 4 ist das bewegliche System der größeren Deutlichkeit halber aus dem Gestell herausgenommen.

Das gußeiserne Gestell *G* ist 40,5 *cm* hoch, oben 25, unten 21,8 *cm* lang und 4,5 *cm* breit. Seine Gestalt geht namentlich aus Fig. 4 klar hervor; die obere Fläche

hat nahe an den Ecken vier quadratische Löcher, durch welche die vier, unten mit Haken versehenen Schraubenspindeln *HH* hindurchgehen. Diese Schraubenspindeln sind an vier Seiten so weit abgefeilt, daß nur an den Kanten noch das Gewinde stehen bleibt, eine Drehung in den Löchern also unmöglich ist. Jede Spindel hat zwei Schraubenmuttern, oben und unten, znr Regulierung ihrer Höhe bezw. zur Befestigung. An den Haken hängen die zwei Hauptfedern (*Hf*) und die zwei Nebenfedern (*Nf*), welche die Stelle der je einen, in der Theorie (Fig. 1) betrachteten Feder einnehmen.

Die an den Pfeilern mit Schranben befestigten Stützen *S* aus Messing haben an ihren oberen Flächen je eine flache V-förmige Rinne, in denen die dünnen, zylindrischen Achsen (1,24 *mm* dick) des beweglichen Systems ruhen. Unten mit ähnlichen



Fig. 3.

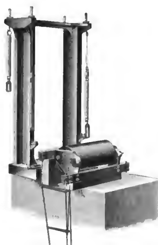


Fig. 4.

Rinnen versehene und an die Stützen angeschraubte Messingstücke halten von oben her die Zylinder in ihrer Lage.

Die Hauptmasse des beweglichen Systems besteht aus einem mit Blei gefüllten Messingzylinder *C* (Durchmesser 6,4 *cm*, Länge 15,2 *cm*). An jeder seiner beiden Endflächen ist eine 6 *mm* dicke Endplatte *E* aus Messing fest angeschraubt (vgl. Fig. 2 rechts oben und Fig. 4), welche eine geeignete Gestalt hat zur Befestigung der Eisenstücke *AA* (deren eines Ende die zylindrischen Achsen bilden) und der beiden Messingstäbe *Sb*, an denen die Federn angreifen sollen. Nahe an jedem Ende der Messingstäbe *Sb* (Länge 24,6 *cm*, Breite 2 *cm*, Dicke 0,7 *cm*) ist eine vertikale, unten mit einer Spitze versehene Schraubenspindel (in Fig. 2, Seitenansicht, in der Mitte der Bügel sichtbar) angeschranbt, welche durch einen vom Stabende angebrachten Einschnitt und Befestigungsschrauben *ss* (in Fig. 2, Vorderansieht, nur an einem Ende mit Buchstaben angedeutet) festgeklemmt wird. An den Spitzen der Schrauben greifen die Federn mittels der Bügel *B* an. Die Bügel selber und die unmittelbar mit den Federn in Verbindnng stehenden Häkchen *h* sind gegen einander drehbar, weil sonst die Seiten der Bügel wegen der tordierenden Wirkung der Federn mit den Stäben in Berührung kommen können.

Die Masse des ganzen starren Systems ist 6,0 *kg*, der Trägheitsradius k, aus den Bestandteilen berechnet, etwa 2,8 *cm*. Ferner ist

$$a = 7{,}4, \quad b = 3{,}7, \quad a' = 5, \quad h = h' = 28,$$

folglich

$$b + \frac{k^2}{b} = 5{,}8 \text{ cm}.$$

Daraus berechnet sich

$$l = 15, \quad \lambda = \frac{1}{4{,}33}, \quad \lambda' = \frac{1}{2{,}13}, \quad l' = 26{,}7.$$

Da, wie oben erwähnt, für die Haupt- und Nebenfeder je zwei Federn angewandt wurden, so ergibt sich

$$\text{für jede Hauptfeder } \lambda = \frac{1}{8{,}66}, \quad l = 15,$$

$$\text{„ „ Nebenfeder } \lambda' = \frac{1}{4{,}26}, \quad l' = 26{,}7.$$

Die Federn sind alle aus einem 1 *mm* dicken Stahldraht gefertigt; die Hauptfedern haben 104 bezw. 105 10 *mm* weite Windungen, ohne bezw. mit 2 *cm* langem Zusatzdraht, während die Nebenfedern je 122 7 *mm* weite Windungen und 11,7 *cm* langen Zusatzdraht haben. Die zuerst verwendeten Nebenfedern hatten etwas zu großes λ', sodaß nachher ein paar Windungen hinzugefügt wurden, daher rühren die zweiteiligen in Fig. 3 u. 4 sichtbaren Nebenfedern.

Der Zeiger besteht aus drei 1 *mm* dicken, hartgezogenen Aluminiumdrähten, die mittels vieler Querstücke steif zusammengebunden und an den oberen Enden an die Stäbe *Sb* fest angeschraubt sind. Am unteren Ende laufen die drei Drähte zusammen und tragen eine kleine Gabel, die zwischen ihren schwach federnden Zinken einen kleinen, mit einer Zunge versehenen, an beiden Enden spitzen, horizontalen Stift hält. Das Ende der Zunge ruht auf berußtem Papier, das in der üblichen Weise in Bewegung gesetzt werden kann. Dieses Ende ist 64 *cm* von der Drehachse entfernt, sodaß die Vergrößerung sich zu 64/5,8, also 11-fach, berechnet.

Das ganze Instrument soll auf einem mit der Erde in starrer Verbindung befindlichen (Stein-) Pfeiler mit einem Bolzen befestigt werden, und zwar so, daß es an der Seite, wo sich der Zeiger befindet, über den Pfeiler einige Zentimeter übersteht, um für den Zeiger und die Trommel Raum zu schaffen, wie es aus Fig. 2 ersichtlich ist.

Um das Funktionieren des Instrumentes zu prüfen und die Vergrößerung experimentell zu bestimmen — da der obige Wert von k nur annähernd richtig sein konnte — habe ich das Instrument auf die Mitte eines an beiden Enden gestützten, biegsamen Holzbrettes gelegt und vertikale Erschütterungen erzeugt. Zugleich habe ich einen um eine feste Achse drehbaren Hebel so aufgestellt, daß ein Punkt desselben immer mit dem Gestell des Instrumentes in Berührung blieb und ein anderer Punkt neben dem Zeigerende auf demselben Rußstreifen seine eigene Bewegung markierte. Die Entfernungen der beiden Punkte von der festen Achse waren 5,0 bezw. 60 *cm*. Es muß dabei besonders gesorgt werden für das wirkliche Festbleiben (Nichtmitschwingen) der Hebelachse, weil es sich hier um sehr kleine Bewegungen handelt, und ferner dafür, daß beim Schütteln keine Neigungsschwingung des Instrumentes mit eintritt, die dem zeichnenden Punkt eine Bewegung senkrecht zu der beabsichtigten erteilen und den Verlauf der Kurve ganz entstellen würde. Diese Neigungsschwingung konnte ich dadurch ziemlich vermeiden, daß ich die vertikale Bewegung durch einen Y-förmig gebundenen Faden bewirkte, dessen beide obere Enden an den Rändern in der Mitte des Brettes befestigt und dessen unteres Ende

mit der Hand nach unten gezogen oder losgelassen wurde. Bekanntlich kommen bei Erdbeben solche Neigungsschwingungen so gut wie gar nicht vor. Man sieht aus Fig. 5, bis zu welchem Grade das Instrnment die Bewegung richtig wiederzugeben vermag. Dabei sind A, B ... die vom Instrument gezeichneten Kurven und A', B' ... die entsprechenden Stellen der vom Hebel registrierten Knrven. Die Achse des Hebels (oder vielleicht der Hebel selbst) war trotz der angewandten Sorgfalt doch nicht vollkommen fest nnd hatte eine eigene Schwingungsperiode, welche sich dadurch erkennen ließ, daß, wenn die Erschütterung mit dieser Periode erfolgte, die Hebelknrve beinahe doppelt so große Amplituden anfwies als die Instrumentenkurve. Diese Eigenbewegung des Hebels tritt anch an einzelnen Stellen in Fig. 5 hervor,

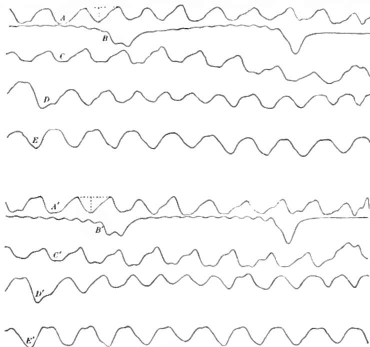


Fig. 5 ($^2/_3$ nat. Gr.).

z. B. bei Kurve B', wo die kleinen Schwingungen zu groß sind im Vergleich mit denen in B. Die Entstellnng der Instrumentenknrven an einigen Stellen, z. B. in D, dürfte wohl von nicht ganz vermeidbaren Neigungsschwingungen herrühren. Diese Verschiedenheiten in dem Knrvenverlauf sind also durch die Versuchsanordnung hervorgerufen, und die Bestimmnng der Vergrößerung wird dadurch nicht beeinflußt. Die Methode, wie die zn vergleichenden Amplituden gemessen wurden, ist an einer Stelle in den Knrven A und A' durch die punktierten Linien angedeutet. Aus den hier wiedergegebenen nnd anderen, im ganzen 72 Paar Kurven, mit Ausschluß der Kurven $B\,B'$, finde ich den Mittelwert des Verhältnisses: Amplitnde der Hebelknrven zur Amplitude der Instrumentenkurven gleich $1{,}10 \pm 0{,}0028$ und folglich die Vergrößerung des Instrumentes gleich $\frac{1}{1{,}10} \times \frac{60}{5{,}0} = 10{,}9$ in naher Übereinstimmung mit

dem im voraus berechneten Werte. Es sei noch bemerkt, daß bei diesen Versuchen die Eigenbewegung des starren Systems fast aperiodisch war, daß ferner eine Zeit-Sekunde etwa 3,5 *cm* der Abszisse der Kurven entsprach, sodaß die vorgenommenen Erschütterungen langsam genug waren im Vergleich mit den vertikalen Schwingungen bei Erdbeben, deren Periode von der Größenordnung der zehntel bezw. hundertstel Sekunde ist.

Was das Aufstellen des Instrumentes angeht, so tut man gut daran, das Gewicht an einer Seite nicht allein von den dünnen Achsenstücken tragen zu lassen, sondern es zuerst auf einer provisorischen Stütze ruhen zu lassen und erst, nachdem die Federn den größten Teil des Gewichtes tragen, die Achsen in ihre richtige Lage zu bringen. Den Zeiger setze man an, während das Gewicht auf der Stütze ruht. Ferner versteht es sich von selbst, daß die Stücke auf *S*, welche die Achsen von oben festhalten, nur bis zur bloßen Berührung mit diesen eingeschraubt werden dürfen.

Ein Mikro-Vertikalseismometer, das im wesentlichen auf demselben Prinzip beruht, das aber wegen der beabsichtigten starken Vergrößerung (200-fach) doch vieler Abänderungen bedarf, ist ebenfalls in der Werkstätte von Hrn. G. Bartels angefertigt worden; mit der Prüfung desselben bin ich gerade beschäftigt.

Göttingen, im März 1905.

Ein Pendelunterbrecher mit vier Kontakten.

Von
Dr. Martin Gildemeister und Dr. Otto Weiß.

Der hier beschriebene in dem physikalisch-mechanischen Institut von Prof. Dr. M. Th. Edelmann in München angefertigte Apparat ist entstanden aus dem Helmholtzschen Pendelunterbrecher in der Edelmannschen Ausführung[1]). Mit diesem können nur *zwei* Strom-Öffnungen oder -Schließungen in variablen Zeitintervallen hergestellt werden, und das genügt bei manchen Untersuchungen nicht. Wir haben deshalb die Anzahl der Kontakte verdoppelt und außerdem einige Verbesserungen angebracht, wobei wir die mit dem Zweikontaktpendel gemachten Erfahrungen verwendeten[2]). Hr. Prof. Edelmann hat uns dabei durch Unterstützung mit Rat und Tat zu großem Danke verpflichtet.

Das Gestell (Fig. 1) besteht wie bei dem früheren Edelmannschen Unterbrecher aus den beiden gußeisernen Stücken G und G' und den drei verbindenden Säulen SSS, deren eine die Dosenlibelle M trägt. Die Achse A des Pendels, das aus dem schmiedeeisernen Prisma P und dem Gestänge Q besteht, liegt auch hier auf Friktionsrollen; sie trägt eine Durchbohrung, durch die eine Stange St mit dem Laufgewicht L gesteckt werden kann; dadurch läßt sich die Schwingungsdauer in weiten Grenzen variieren. Der Elektromagnet E dient dazu, das Pendel in annähernd wagerechter Lage festzuhalten; wird es losgelassen, so schlägt es an dem tiefsten Punkte seiner Bahn gegen die aufrecht stehenden Kontakthebel $hhhh$, wodurch diese umgeworfen werden. Die Einrichtung der vier einander gleichen Kontaktschlitten zeigt Fig. 2. Der 16 *cm* lange Hartgummiblock H trägt zwei Lagerkörper von Messing, T und R. An R ist ein wagerechter Fortsatz F befestigt, an dessen Ende ein Platinplättchen gelötet ist. Hiergegen lehnt der Platinstift des Kontakthebels h. Wird dieser vom fallenden Pendel umgeworfen, so wird ein mit Hülfe der Klemmschrauben K_1 und K_2

[1]) Edelmann, *Ann. d. Physik* **3.** *S. 274. 1900;* Referat in *dieser Zeitschr.* **21.** *S. 124. 1901.*
[2]) Gildemeister und Weiß, *Ann. d. Physik* **17.** *S. 174. 1905.*

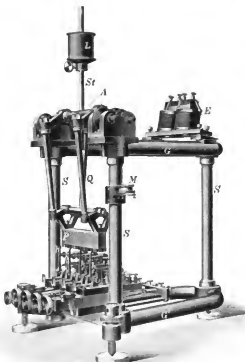


Fig. 1.

zu F und h geführter Stromkreis geöffnet. Das Elfenbeinplättchen C fängt den fallenden Hebel auf.

Soll der Apparat zur Stromschließung benutzt werden, so wird die Schraube an der Spitze von F so weit zurückgedreht, daß der um die querstehende Achse D drehbare Hebel l auf dem Vorsprung N des Hebels h aufruht. Wird jetzt h vom Pendel getroffen, so fällt l, von der Spiralfeder V abwärts gezogen, über N herab, und es schließt sich der Kontakt zwischen l und der Säule W, die mit der Klemmschraube K_3 verbunden ist. Zur Verhinderung des Klirrens sind die in unserer früheren Arbeit (*a. a. O.*) erwähnten Maßregeln getroffen worden. Außerdem ruht die Säule W auf einer Unterlage von weichem Gummi. Der Hartgummiblock H ist fest mit dem Messingstück X verbunden. Dieses kann durch eine Mikrometerschraube Y gegen die gußeiserne, allen vier Schlitten gemeinsame Grundplatte Z verschoben werden. Die Schraube hat eine Ganghöhe von 0,5 *mm*, und ihr Kopf ist in hundert Teile eingeteilt.

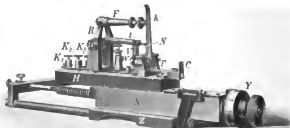


Fig. 2.

Der neue Apparat ist hauptsächlich für elektrophysiologische Zwecke bestimmt. Aber auch der reinen Physik kann er wertvolle Dienste leisten, wo es sich um die Untersuchung schnell veränderlicher Ströme handelt.

Königsberg i. Pr., Physiologisches Institut.

Referate.

Das photographische Bruce-Fernrohr der Yerkes-Sternwarte.

Von E. E. Barnard. *Astrophys. Journ.* **21.** *S. 35. 1905.*

Die ausgezeichneten Erfolge, welche M. Wolf in Heidelberg und Barnard mit gewöhnlichen Porträtobjektiven bei den photographischen Himmelsanfnahmen erzielt hatten, ließen den letzteren die Anschaffung eines solchen von größeren Dimensionen, das für die photographisch wirksamen Strahlen korrigiert wäre, für die Yerkes-Sternwarte bei Chicago erwünscht erscheinen Die zur Förderung astronomischer Zwecke stets bereite Miss Bruce



lieferte durch Hergabe von 7000 Dollar die Mittel für Fernrohr und Gebäude. Das Objektiv hat Brashear in Allegheny aus Glasscheiben, welche von Mantois in Paris geliefert waren, hergestellt, die Montierung ist das Werk von Warner & Swasey in Cleveland.

Um die photographische Aufnahme eines Sternes bei dessen Meridiandurchgang nicht abbrechen zu müssen, zumal gerade diese Stellung die für die Aufnahme günstigste ist, wurde der Säule oben eine Krümmung gegeben (vgl. die Figur), sodaß ihr oberer Teil nach dem Himmelspol gerichtet ist. Damit aber die Stabilität des Instrumentes durch das nach Norden überhängende Rohr und Gegengewicht nicht leidet, hat der auf zwei starken,

in ostwestlicher Richtung liegenden Eisenbarren ruhende Fuß der Säule auf der Nordseite eine weit ausgreifende Form erhalten. Das Gewicht der Säule beträgt gegen 600 *kg*.

Von den links und rechts am Fuß der Säule sichtbaren vier Schrauben dienen die oberen zur Korrektion des Azimutes, während die unteren eine Korrektion in Höhe ermöglichen, indem beim Anziehen derselben flache Keile tiefer unter das Instrument geschoben werden. Freilich können diese Keile nur vorwärts, nicht aber auch rückwärts durch die Schraube bewegt werden, sodaß, wenn man einen Keil versehentlich zu weit darunter geschoben hat, man zur Korrektur auch den Keil auf der gegenüber liegenden Seite noch weiter hineinschrauben muß. Empfehlenswert findet Verf. diese Einrichtung nicht.

Der über dem Uhrwerk befindliche Teil der Säule ist von innen mit dem unteren Teil verschraubt, und zwischen beide Teile können, wenn das Instrument unter einer anderen Polhöhe aufgestellt werden soll, Keile eingeschoben werden. Das Uhrwerk bleibt in diesem Fall ganz ungestört, nur wird die mit Auszug versehene Führungsstange, welche nach der den Stundenkreis treibenden Schraube ohne Ende geht, in ihrer Länge verstellt. Soll das Instrument auf der südlichen Hemisphäre benutzt werden, so wird, weil hier das Fernrohr sich im entgegengesetzten Sinn bewegen muß, das am oberen Ende der erwähnten Führungsstange befindliche Rädchen, welches die Schraube ohne Ende in Umdrehung versetzt, einfach auf die andere Seite derselben gebracht, um von dort aus ihren Antrieb zu besorgen.

Das Uhrwerk ist von Warner & Swasey geliefert und besitzt auch die von dieser Werkstätte bevorzugte Regulierung durch das rotierende, konische Pendel[1]), der Verf. vor allen übrigen den Vorzug gibt. Obwohl das Uhrwerk gut funktioniert, so soll doch eine elektrische Kontrolle damit verbunden werden.

Auf der Säule sind drei in fester Verbindung miteinander stehende Fernrohre aufmontiert, zwei photographische und ein visuelles, als Sucher und Leitfernrohr dienendes. Das Fernrohr mit dem 10-zölligen photographischen Objektiv hat das Öffnungsverhältnis 1:5; das zweite photographische Fernrohr hat ein $6^1/_4$-zölliges Objektiv von Voigtländer mit demselben Öffnungsverhältnis 1:5; der Sucher endlich hat eine Öffnung von 5 Zoll, seine Fokallänge ist, nach der Abbildung zu schließen, gleich der des 10-zölligen photographischen Fernrohrs, also 50 Zoll (128 *cm*). Die Platten für den 10-Zöller haben eine Ausdehnung von 12×12, die für den $6^1/_4$-Zöller von 8×10 Zoll.

Um Plattenfehler auf den Photogrammen leicht zu erkennen, würde es allerdings zweckmäßiger gewesen sein, zwei ganz gleiche Objektive zu haben, man hätte dann aber auf den Vorteil verzichten müssen, bei derselben Exposition zwei Aufnahmen verschiedenen Maßstabes zu bekommen, von denen die eine mehr ein detailliertes, die andere mehr ein großzügiges Bild derselben Gegend gibt. In vielen Fällen wird das eine Photogramm doch zur Kontrolle des anderen auf Plattenfehler dienen können.

Bei der Photographie mit großen Fernrohren, wie mit dem 40-zölligen Refraktor und dem 2-füßigen Spiegel der Yerkes-Sternwarte, wo der Sucher nicht in genügend starrer Verbindung mit dem Hauptrohr ist, um als Leitfernrohr dienen zu können, hat es sich als vorteilhaft erwiesen, die Kamera längs zwei zueinander senkrechten Führungen verstellbar zu machen und die Einstellung durch ein am Rand der Kamera angebrachtes starkes Okular zu kontrollieren. Im vorliegenden Fall sahen die Verfertiger aber von einer Verstellbarkeit der Kamera ab, weil die einzelnen Rohre durchaus sicher miteinander verbunden sind. Das Okular des Suchers läßt sich nach jeder Richtung hin um 2 Grad verstellen, sodaß man immer einen passenden Leitstern wird finden können.

Das Fernrohr ist mit je einem grob- und einem feingeteilten Stundenkreis und Deklinationskreis versehen, von denen aber anscheinend keiner vom Okular aus ablesbar ist. Wohl aber sind selbstverständlich Feinbewegungen in Rektaszension und Deklination vom Okular aus vorgesehen. Die Beleuchtung der Fäden des Suchers geschieht durch ein Glühlämpchen und kann beliebig gedämpft werden.

[1]) Vgl. Ambronn, Handbuch der astron. Instrumentenkunde. Bd. II. *S. 1159.*

Zur bequemen Haltung des Kopfes wird man meist noch ein rechtwinkliges Prisma zwischen Objektiv und Okular einschalten. Ist das Fernrohr in die Gegend des Zenits gerichtet, so kann der Beobachter, um sich nicht auf den Fußboden legen zu müssen, einige Bretter desselben, welche die Säule umgeben, herausnehmen und sich nun auf den Fußboden setzen, indem er seine Beine in die Öffnung bringt. Im übrigen genügt dann eine Treppe von wenigen Stufen.

Das $6^1/_4$-zöllige Objektiv soll in Bälde durch ein bei Zeiß in Jena bestelltes 6-zölliges ersetzt werden, welches aus den neuen Jenaer, für ultraviolettes Licht durchlässigen Gläsern hergestellt ist. Auch ein Objektivprisma von gleicher Größe und aus denselben Gläsern ist daselbst in Bestellung gegeben.

Wenn es für bestimmte Zwecke, z. B. für Aufnahmen von Sternschnuppen, nötig erscheinen sollte, noch einige kurzbrennweitige, nach verschiedenen Stellen des Himmels gerichtete photographische Fernrohre aufzumontieren, so bietet sich hierfür noch genügender Platz.

Verf. erwähnt auch ein von ihm angeschafftes Voigtländersches Objektiv von 4 Zoll Durchmesser und nur 7,9 Zoll Brennweite, welches bei seiner außerordentlichen Lichtstärke natürlich nur kurze Expositionen gestattet, da sonst der Himmelsgrund, der doch in der Regel etwas weißlich ist, sich auch mit photographiert. Dieses Objektiv gebe scharfe Bilder in einer Ausdehnung von etwas über einen Zoll, ungefähr über 11 bis 12 Grad. Hätte man schwach konkave Platten, so würde die gute Definition doppelt so weit reichen. Daß es solche Platten nicht gebe, liege wohl weniger daran, daß ihre Herstellung der Technik nicht möglich sei, als daran, daß sie voraussichtlich nicht sehr lukrativ sein würde.

Die Kuppel hat einen Durchmesser von 15 und eine Spaltöffnung von 4 Fuß; gebaut ist sie von der Firma William Gaertner & Co. in Chicago.

Nachdem das Instrument von April bis November v. J. vom Verf. benutzt worden war und sich gut bewährt hatte, ist es jetzt nach dem südlichen Californien transportiert worden, um auf dem 6000 Fuß hohen Mount Wilson nahe Pasadena für einige Zeit aufgestellt zu werden, wo seitens der Yerkes-Sternwarte eine Zweigstation, namentlich für Sonnenbeobachtungen, gegründet worden ist. *Kn.*

Bemerkungen zu einem Aufsatz über das Kimmprisma.

Von E. Kohlschütter. *Ann. d. Hydr. u. marit. Meteorologie* **32.** *S. 518. 1904.*

Die Bemerkungen beziehen sich auf einen Aufsatz von Reuter, der sich eingehend mit dem Kimmprisma von Blish beschäftigt; Kohlschütter bedauert, daß der Verf. jenes Aufsatzes nicht auch die zwei Vorrichtungen zur Messung der Kimmtiefe, die Pulfrich (*diese Zeitschr.* **24.** *S. 225. 1904*) und Teichgräber und Koß angegeben haben (*Mitt. a. d. Gebiete d. Seewesens 1904, Heft 6 u. 7*; Referat in *dieser Zeitschr.* **24.** *S. 218. 1904*), vergleichend herangezogen hat. Die beste Vorrichtung scheine bis jetzt die von Pulfrich zu sein, wie auch die Versuche von Stück auf dem Adlergrund-Feuerschiff bestätigten. Die Ergebnisse dieser Versuche drückte Stück so aus: „Das Arbeiten mit dem handlichen Pulfrichschen Instrument war ein Vergnügen selbst bei schwer arbeitendem Schiff; mit dem Kohlschütterschen Prismenfernrohr ließ sich die Kimmtiefe nur mit Anstrengung messen, mit dem Koßschen Apparat gar nicht"; die Kimmtiefeninstrumente von Blish und von Ferguson wurden nicht geprüft.

Im zweiten Teil seiner Bemerkungen kommt der Verf. noch auf einen Übelstand bei allen diesen Apparaten zur Kimmtiefenmessung und bei dem Sextanten selbst zu sprechen, die doppelte Austrittspupille. Wenn man am Sextanten zwei terrestrische Punkte zur Deckung bringen will und das Auge vor dem Okular hin- und herbewegt, so verschwindet bald der eine, bald der andere Gegenstand, während der zweite hell und deutlich wird. Pulfrich hat den Übelstand des zeitweisen Verschwindens der einen Kimme bei der neuen Ausführung seines Kimmtiefenmessers dadurch beseitigt, daß er die Prismen nicht neben einander, sondern hinter einander stellt und das eine mit durchscheinender Silberschicht

belegt. Dasselbe Mittel kann man bei dem Kohlschütterschen Prismenfernrohr anwenden und ebenso beim Sextanten und andern Reflexionsinstrumenten. Man braucht nur den Kimmspiegel (den fest vor dem Fernrohr sitzenden „kleinen Spiegel") mit einer schwachen durchsichtigen Silberschicht zu belegen, statt ihn in einen belegten und einen nichtbelegten Teil zu trennen. Beim Kepplerschen Fernrohr am Sextanten könnte man sich auch dadurch helfen, daß man den kleinen Spiegel aus abwechseind undurchsichtigen (belegten) und unbelegten Streifen neben einander bildet. Bei beiden Anordnungen behalten beide Bilder ihre Helligkeit, wie auch das Auge, beispielsweise infolge der Schiffsschwankungen, vor dem Okular hin- und hergeht. Der zweite Weg ist aber beim Galileischen Fernrohr verschlossen (das z. B. bei den „Nacht"-Sextanten und -Oktanten viel gebraucht wird). Der Lichtverlust, den der direkte Strahl durch den in ganzer Ausdehnung, aber sehr schwach versilberten kleinen Spiegel erleidet, ist nicht nennenswert. In jedem Fall muß nur der kleine Spiegel so groß sein, daß durch seine Fassung nichts vom Objektiv verdeckt wird.

Die Anwendung halbdurchsichtiger Silberschichten statt undurchsichtiger Spiegel für das Horizontglas der Sextanten ist der Firma C. Zeiß in Jena bereits im November 1896 patentiert worden (D.R.P. Nr. 92867); die Beseitigung der doppelten Austrittspupille, die durch sie erreicht werden kann, ist jedenfalls so wichtig, daß die Einrichtung allgemeiner üblich werden sollte. *Hammer.*

Ergebnisse einer Untersuchung über Veränderungen von Höhenunterschieden auf dem Telegraphenberge bei Potsdam.

Von R. Schumann. *Veröffentl. d. Königl. geodät. Instituts Nr. 14. Lex. 8°. 42 S. mit 4 Taf. Berlin, P. Stankiewicz 1904.*

Untersuchungen über Veränderlichkeit der Lage einer kleinen Erdscholle oder in der Richtung der Lotlinie sind in den letzten Jahren von verschiedenen Seiten unternommen worden, so von Vogler in der Nähe von Berlin, der dabei durch Anwendung seines Kathetometer-Nivellierinstruments den mittlern Kilometerfehler auf $\pm 0{,}3$ *mm* herabbrachte; bekannt ist auch die Feststellung periodischer, von Ebbe und Flut abhängiger Veränderungen von Nivellementsfestpunkten an der Unterelbe durch Seibt geworden. Auf dem Telegraphenberge bei Potsdam wurde von Helmert eine hydrostatische Nivellementsanlage von etwa 900 *m* Länge eingerichtet; das von Zeit zu Zeit zu wiederholende geometrische Nivellement einer Anzahl von Höhenbolzen an Gebäuden auf dem Telegraphenberg sollte jenes hydrostatische Nivellement ergänzen. Im Jahr 1899 wurde auf den Vorschlag des Verf. der oben angezeigten Broschüre dieses geometrische Nivellement in folgender Weise abgeändert: die Kuppe des Telegraphenbergs wurde mit einer Schleife von Höhenmarken umgeben, die sehr nahe einer Niveaufläche angehören, sodaß beim Nivellieren eine „Latte" von wenigen Zentimeter Länge ausreicht, ferner sollten Instrument und Latte durchaus auf gut fundierte Backsteinpfeiler gesetzt werden und bei dem Nivellement (selbstverständlich genau aus der Mitte) die Ziellinie überall mindestens 1 *m* über dem Boden liegen.

Dieses „Pfeilernivellement", das meist nahe dem Zug des hydrostatischen Nivellements folgt, übrigens nur 720 *m* lang ist, wird nun vom Verf. eingehend beschrieben. Die Höhenmarken sind eiserne und messingene Kugelbolzen auf Backsteinpfeilern von $0{,}4 \times 0{,}4$ *m* Querschnitt und durchschnittlich 1 *m* Höhe. Als Nivellierinstrument diente ein Seibt-Breithauptsches mit Kippschraube von zuerst $^1/_2$, später $^1/_4$ *mm* Ganghöhe; das Instrument wurde von Pfeiler zu Pfeiler mit einer Gelenkzange getragen, nie mit der Hand angefaßt. Die Libelle von 5" zeigte bald Ausscheidungen und wurde erst durch eine 6,6"-Libelle, später durch eine sehr gute Peßlersche Libelle von 4,5" ersetzt. Als „Latte" diente zuerst eine hölzerne 2 *mm*-Felderskale von 22 *cm* Länge, später eine Milchglasskale von 10 *cm* Länge, ebenfalls mit 2 *mm*-Feldern (je 1 *cm* breit). Die Messungen werden genau beschrieben und diskutiert. Aus der innern Übereinstimmung der Messungen ergab sich ein mittlerer Kilometerfehler von $^1/_{10}$ *mm*!

Aus der Untersuchung der ausgeführten Messungen und der Veränderung der Bolzenhöhenlage sieht der Verf. als erwiesen an, daß sich der mittlere Kilometer-Nivellierfehler im „Pfeilernivellement“ längs einer Höhenlinie unter 0,1 *mm* herabbringen läßt und es deshalb nicht aussichtslos ist, eine Kontrolle der Richtung der Lotlinie durch ein derartiges Pfeilernivellement erreichen zu können. In der Zeit vom 31. Aug. 1901 bis 8. Febr. 1902 sind auf dem Telegraphenberg relative Höhenänderungen (reell oder scheinbar) bis zu 0,6 *mm* zwischen den Marken des Pfeilernivellements eingetreten; eine Änderung von fast $^1/_2$ *mm* ereignete sich dabei in der Zwischenzeit von 6 Tagen. Diese Änderungen sind systematisch vor sich gegangen, derart, als ob die Marken einer sich bewegenden Ebene angehörten. Als wahrscheinlich möchte der Verf. noch gelten lassen, daß eine Beziehung zwischen den Markenschwankungen und den Veränderungen des Luftdrucks besteht, sowie daß die Störungen den Charakter der scheinbaren, durch die terrestrische Refraktion veranlaßten Höhenschwankungen tragen.

Man wird die Bedeutung der beobachteten Höhenschwankungen an sich nicht allzu hoch veranschlagen dürfen, besonders bevor die Frage: können diese kleinen Änderungen nicht einfach in dem Boden, auf dem die Pfeiler stehen (Diluvialsand), begründet sein (wechselnder Wassergehalt des Bodens u. s. f.)? mit Entschiedenheit verneint werden kann. Immerhin wird man aber den Ergebnissen ähnlicher Untersuchungen auf „gewachsenem“, nicht aufgeschüttetem Gestein mit Interesse entgegensehen. Besonders jetzt, nachdem der Nachweis gelungen ist, daß man mit dem gewöhnlichen Nivellierinstrument durch das „Pfeilernivellement“ den mittlern Kilometerfehler, den Vogler auf $^1/_3$ seines frühern Betrages herabgebracht hatte, auf $^1/_{10}$ jenes Betrages vermindern kann. Für dieses Pfeilernivellement macht der Verf. am Schluß noch eine Reihe von Vorschlägen, die hier noch kurz aufgezählt seien: feinere Libellen, je eine zu beiden Seiten des Fernrohrs; Feinheit der Kippbewegung des Fernrohrs im richtigen Verhältnis zur Genauigkeit der Bisektion eines Lattenteils und zu dem Teilwert der Libellen; Instrument dauernd im Freien; keine Berichtigung am Instrument kurz vor der Messung; Zielweite nicht über 40 *m*; während der möglichst kurzen Transporte des Instruments dieses ebenso zu stützen wie auf dem Pfeiler; ganz kurze und möglichst unveränderliche Nivellierskale; Höhenmarken dauernd gegen Bestrahlung durch die Sonne und gegen Temperaturwechsel zu schützen. *Hammer.*

Eine für Vorlesungsversuche geeignete Form des Bunsenschen Eiskalorimeters.

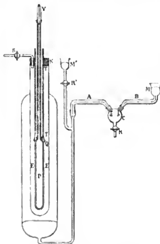
Von V. Crémieu. *Journ. de phys.* **4**, *S. 105. 1905.*

Die geringe Zahl brauchbarer Vorlesungsversuche aus dem Gebiete der Kalorimetrie veranlaßte den Verf., zwei Versuchsanordnungen zu beschreiben, die sich noch dadurch besonders zur Demonstration eignen, daß sie leicht projizierbar sind. Ein Bunsensches Eiskalorimeter wird an Stelle des sonst üblichen Wärmeschutzes mit einem Dewarschen Gefäße umgeben, wodurch bei größerer Übersichtlichkeit und kleinerem Volumen der Wärmeaustausch mit der Umgebung bedeutend herabgesetzt wird. Die aus mehreren Gründen zur Projektion ungeeignete Meßkapillare AB (s. die Figur) unterbricht der Verf. in der Mitte und läßt die umgebogenen Enden a und b durch Schliffe in ein Wassergefäß C mit planparallelen Wänden münden, das unten mit einem Hahn R versehen ist. Dieser Hahn sowie das Reservoir M' mit Hahn R') dienen dazu, die Quecksilbermenisken vor Beginn des Versuchs an den sich schwach erweiternden Rohrenden bei a und b einstellen zu können. Die Kapillare B erweitert sich am andern Ende zu einem Reservoire M.

Das Auftreten von Wärmetönungen im Kalorimeter gibt sich nun dadurch zu erkennen, daß aus einer der beiden Röhrenmündungen a oder b Quecksilber in das Projektionsgefäß C abtropft. Nach Angabe des Verf. genügt es bei quantitativen Vorlesungsversuchen, die abfallenden Tropfen zu zählen, da dieselben von hinreichend gleichem Gewichte sind.

Der erste Versuch, zu dem dieses Kalorimeter benutzt wird, ist die Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalents. In dem oberen Teil eines Rahmens, dessen Achse nach oben und unten durch je einen senkrecht gespannten Draht gebildet wird, ist ein kleiner

Elektromotor hefestigt, dessen Rotationsaebse mit der Achse des Rahmens zusammenfällt. Die Achse des Motors setzt sich in das darunter befindliche, von dem Rahmen frei umfaßte Kalorimeter fort und trägt an ihrem unteren Ende Flügel, welche die Arbeit des Motors als Reibungswärme an das umgebende Wasser abgeben. Infolge der Rotation des Motors findet eine Drehung des Rahmens um einen bestimmten Winkel statt, der ein Maß für die Größe der abgegebenen Arbeit ist und in der Vorlesung durch objektive Beobachtung mit Spiegel und Skale gemessen wird. Der Verf. meint, daß auf diese Weise auch eine genaue Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalents ausführbar ist, und glaubt die Genauigkeit des mechanischen Teiles der Messung noch höher als die des kalorimetrischen schätzen zu müssen.



Ein zweiter Versuch soll das Verhalten eines idealen Gases bei Ausdehnung mit und ohne äußere Arbeit zeigen. Ein doppelt durchbohrter Stopfen *K* (s. die Figur), der das Kalorimetergefäß luftdicht abschließt, trägt in der Mitte ein weiteres Rohr *T* und an der Seite ein engeres Hahnrohr *S*. In das weitere Rohr ist mittels eines Schliffes das röhrenförmige Gefäß *P* an der Stelle eingepaßt, wo es sich stark verengt. An der Schliffstelle bei *Q* sind beide Wände durchbohrt, sodaß es möglich ist, durch Drehung von *P* den Innenraum mit dem äußeren Gefäße *E* kommunizieren zu lassen.

Vor Beginn des Versuchs füllt man das Gefäß *P* durch das oben aufgesetzte Ventil *V* mit Luft von 4 bis 5 Atmosphären, ferner stellt man in dem äußeren Raum *E* ein Vakuum her. Sobald das Kalorimeter zur Ruhe gekommen ist, werden die Räume *P* und *E* in Verbindung gesetzt, wobei das Gas seinen Druck durch Ausdehnung erheblich vermindert, ohne daß der Quecksilberfaden sich bewegt. Alsdann läßt man den Druckunterschied gegen die äußere Atmosphäre sich durch den Hahn *S* ausgleichen, was eine sofort erkennbare Abkühlung zur Folge hat. *v. St.*

Eine Revision des Rowlandschen Wellenlängensystems.

Von J. Hartmann. *Zeitschr. f. wissensch. Photogr.* **1.** *S. 215. 1903.*

Die Arbeiten von Fabry und Perot (*diese Zeitschr.* **22.** *S. 92. 1902;* **24.** *S. 125. 1904*) haben gelehrt, daß die von Rowland gemessenen Wellenlängen, welche bisher als Grundlage für alle genauen Spektralmessungen benutzt wurden, mit merklichen, regelmäßig verlaufenden Fehlern behaftet sind. Fabry und Perot haben nach der von ihnen ausgearbeiteten Interferenzmethode 33 Linien des Sonnenspektrums (zwischen 464 und 648 $\mu\mu$) und 14 Linien des Eisenspektrums (zwischen 473 und 650 $\mu\mu$) direkt mit der grünen Kadmiumstrahlung verglichen, deren Wellenlänge nach Michelson gleich 508,58240 $\mu\mu$ in Luft von 15° und 760 *mm* Druck ist. Die Wellenlängen von Fabry und Perot gelten auch für Luft von 15° und 760 *mm* Druck; Rowlands System gibt dagegen die Wellenlängen in Luft von 20° und 760 *mm*.

Vor dem Vergleich mit der Skale von Rowland hätten daher Fabry und Perot erst ihre Wellenlängen λ (F. P.) auf 20° reduzieren müssen. Nun ist aber diese Reduktion für die Strecke von $\lambda = 400$ bis $\lambda = 700$ der Wellenlänge proportional:

$$\lambda_{20^\circ} = 1{,}0_547\,\lambda_{15^\circ} = f\lambda_{15^\circ};$$

der Übertragungsfaktor f ist also von λ unabhängig.

Das Rowlandsche System wird am zuverlässigsten repräsentiert durch die Wellenlängen PT der „*Preliminary Table of Solar Spektrum Wave-Lengths*" (*Astrophys. Journ.* **1** *bis* **5.** *1895 bis 1897*), während Rowlands Standards MSt aus dem Bogenspektrum verschiedener

Metalle in „*A New Table of Standard Wave-Lengths*" (*Astronomy and Astrophys.* **12.** *S. 321. 1893*) durch Anbringung empirischer Korrektionen um unkontrollierbare Beträge von etwa 0,001 bis 0,002 $\mu\mu$ fehlerhaft sind. Der zufällige Fehler der einzelnen PT beträgt etwa $\pm 0{,}0003$ $\mu\mu$.

Fabry und **Perot** haben für die 33 Linien des Sonnenspektrums den Quotienten

$$F = \frac{\mathrm{P\,T}}{\mathrm{F.\,P.}}$$

berechnet, welcher sich, wie eingangs bemerkt, regelmäßig mit λ ändert. Auf diese Änderung sind die verschiedenen Temperaturen (20° für die PT und 15° für die F. P.) ohne Einfluß, weil der Reduktionsfaktor f konstant ist. F liegt zwischen $1{,}0_4 286$ und $1{,}0_4 381$. Konstruiert man für F als Funktion von λ die Kurve, so läßt sich aus dieser für jedes λ der zugehörige Wert von F entnehmen. Die auf das absolute Metersystem bezogenen Wellenlängen λ_{abs} für 20° berechnen sich demnach aus den PT nach der Gleichung

$$\lambda_{abs} = \frac{f}{F}\,\mathrm{P\,T}.$$

Alle PT wären demnach um etwa 0,02 $\mu\mu$ zu verkleinern.

Der Verf. hält es nun für unpraktisch, alle bisher bestimmten Wellenlängen so stark zu verändern. Hierin möchte ihm der Ref. beipflichten, und zwar aus dem Grunde, weil der **Michelson**sche Wert für die Kadmiumlinie bis jetzt leider noch nicht von anderen Beobachtern mit neu angefertigten Apparaten kontrolliert worden ist und daher eine gewisse Scheu vorhanden sein dürfte, schon jetzt radikal vom **Rowland**schen auf das **Michelson**sche System überzugehen. Der Verf. schlägt vielmehr vor, die PT nur um möglichst kleine Beträge in der folgenden Weise zu ändern.

Das Mittel aus den 33 durch **Fabry** und **Perot** berechneten Werten von F ist $F_0 = 1{,}0_4 340$. Das System der Wellenlängen $F_0 \times$ F. P. ist dann gleichsam auf dieselbe Längeneinheit bezogen wie die PT. Die Differenz

$$C' = F_0 \times \mathrm{F.\,P.} - \mathrm{P\,T}$$

gibt daher die Korrektionen, welche an den PT anzubringen sind, um diese von den sich mit λ regelmäßig ändernden, systematischen Fehlern zu befreien. Die Größen C' enthalten noch die zufälligen Fehler der einzelnen F. P. und PT. Nimmt man diese Fehler als gleich groß an, so werden die wahren Werte C der Korrektionen durch die mittlere Kurve gegeben, welche man durch die Werte C' als Funktion von λ legt. Es ist also, wenn $\lambda_{\odot}$ die Wellenlänge einer Linie des Sonnenspektrums im korrigierten **Rowland**schen System bezeichnet,

$$\lambda_{\odot} = \mathrm{P\,T} + C.$$

Die $\lambda_{\odot}$ gelten wieder für Luft von 20°, und man hat

$$\lambda_{abs} = \frac{f}{F_0}\,\lambda_{\odot} = \frac{\lambda_{\odot}}{1{,}0_4 293}.$$

Die Werte C kann man aus der folgenden Tabelle entnehmen.

Korrektionen C von λ 460 bis λ 649.
(Einheit 0,0001 $\mu\mu$.)

λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
46	− 8	− 8	− 8	− 7	− 7	− 7	− 7	− 7	− 7	− 6
47	− 6	− 6	− 6	− 5	− 5	− 5	− 5	− 4	− 4	− 4
48	− 4	− 3	− 3	− 2	− 2	− 2	− 1	− 1	− 1	0
49	0	+ 1	+ 1	+ 1	+ 2	+ 2	+ 3	+ 3	+ 4	+ 4
50	+ 5	+ 6	+ 6	+ 7	+ 8	+ 8	+ 9	+ 10	+ 10	+ 11
51	+ 12	+ 13	+ 13	+ 14	+ 15	+ 16	+ 16	+ 17	+ 18	+ 18
52	+ 19	+ 20	+ 20	+ 21	+ 21	+ 21	+ 21	+ 21	+ 21	+ 20
53	+ 20	+ 19	+ 18	+ 16	+ 13	+ 9	+ 4	− 1	− 5	− 7
54	− 9	− 11	− 12	− 13	− 14	− 15	− 15	− 16	− 16	− 17

λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
55	− 18	− 18	− 19	− 19	− 19	− 20	− 20	− 20	− 20	− 20
56	− 20	− 20	− 20	− 20	− 20	− 20	− 20	− 20	− 20	− 20
57	− 19	− 19	− 19	− 19	− 19	− 19	− 18	− 18	− 18	− 18
58	− 17	− 17	− 17	− 16	− 16	− 16	− 15	− 15	− 14	− 14
59	− 13	− 13	− 12	− 12	− 11	− 10	− 9	− 9	− 8	− 7
60	− 6	− 5	− 4	− 2	− 1	0	+ 1	+ 3	+ 4	+ 5
61	+ 7	+ 8	+ 9	+ 10	+ 11	+ 12	+ 13	+ 14	+ 14	+ 15
62	+ 15	+ 15	+ 15	+ 15	+ 15	+ 14	+ 14	+ 14	+ 13	+ 13
63	+ 12	+ 11	+ 11	+ 10	+ 10	+ 9	+ 9	+ 8	+ 7	+ 7
64	+ 6	+ 5	+ 4	+ 4	+ 3	+ 3	+ 2	+ 1	+ 1	0

So ist z. B. die Wellenlänge der Linie D_1 des Sonnenspektrums $\lambda_{\odot} = 589{,}6142\ \mu\mu$ im korrigierten Rowlandschen System.

Wie der Verf. zeigt, sind zur Bestimmung der Werte C für die übrigen Teile der P T erst neue Beobachtungen notwendig.

Da bei spektroskopischen Messungen sehr häufig die Linien des Eisenspektrums (elektrischer Lichtbogen) als Vergleichsspektrum benutzt werden, diese Bogenlinien aber gegenüber den Eisenlinien im Sonnenspektrum Verschiebungen aufweisen, die von Linie zu Linie sprungweise ihren Betrag ändern können, so ist es noch wünschenswert, eine Tabelle von Normallinien λ_M aus dem Bogenspektrum des Eisens zu besitzen, welche streng auf das korrigierte Rowlandsche System bezogen sind. Hierzu sind Rowlands M St, wie oben erwähnt, nicht zu brauchen. Verwendbar wären dagegen Kaysers „Normalen aus dem Bogenspektrum des Eisens" von $\lambda = 232$ bis $\lambda = 450$ (*Ann. d. Physik* **3.** *S. 195. 1900*), welche mit K bezeichnet werden mögen. Diese sind zwar an das System der M St angeschlossen, ihre zufälligen Fehler aber durch die zahlreichen Ausmessungen bis auf 0,0003 $\mu\mu$ herabgedrückt worden.

Die K sind zunächst auf das System der P T zu übertragen. Dies geschicht mit Hülfe einer Messungsreihe von Jewell („*The Coincidence of Solar and Metallic Lines*", *Astrophys. Journ.* **3.** *S. 89. 1896;* **11.** *S. 234. 1900*), welche die Bogenlinien zahlreicher Elemente umfaßt, darunter auch die Bogenlinien des Eisenspektrums von $\lambda = 342$ bis $\lambda = 450$, und zwar sind diese Jewellschen Normale J streng auf das System der P T bezogen. Die Differenzen

$$k = \mathrm{J} - \mathrm{K}$$

sind also die Korrektionen, welche an den K anzubringen sind, um diese mit den P T vergleichbar zu machen. Die Werte von k, die sich wieder mit λ regelmäßig ändern sollten, zeigen ziemlich große Sprünge, welche hauptsächlich von zufälligen Messungsfehlern Jewells herrühren dürften. Der Verf. hat die k wieder graphisch ausgeglichen und so die in der folgenden Tabelle aufgeführten Werte für die Korrektion k erhalten.

Korrektionen k von λ 340 bis λ 450.
(Einheit 0,0001 $\mu\mu$.)

λ	k	λ	k	λ	k	λ	k	λ	k
340	+ 9	365	− 10	390	− 9	415	− 1	440	− 16
345	+ 6	370	− 11	395	− 11	420	0	445	− 14
350	+ 2	375	− 8	400	− 10	425	− 2	450	− 10
355	− 3	380	− 5	405	− 7	430	− 7		
360	− 7	385	− 6	410	− 4	435	− 13		

Im korrigierten Rowlandschen System ist dann

$$\lambda_M = \mathrm{K} + k + C.$$

Zur Zeit sind allerdings die Korrektionen C in dem Teile des Spektrums, für welchen die k bekannt sind, nicht mit genügender Sicherheit festzustellen.

Schließlich lassen sich noch die von Fabry und Perot gemessenen 14 Linien des Eisenspektrums nach der Gleichung

$$\lambda_M = F_0 \times \text{F. P.}$$

auf das korrigierte Rowlandsche System übertragen, ebenso auch die anderen von diesen Beobachtern, sowie von Michelson und von Hamy nach der Interferenzmethode bestimmten Metall-Linien. Die Wellenlängen dieser Linien im korrigierten Rowlandschen System sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

λ_M	Element	Beobachter	λ_M	Element	Beobachter
435,8491	Hg	F. u. P.	546,09281	Hg	F. u. P.
466,25117	Cd	H.	546,5675	Ag	"
468,0297	Zn	F. u. P.	550,6970	Fe	"
472,2325	Zn	"	558,6965	Fe	"
473,6946	Fe	"	561,5848	Fe	"
480,00739	Cd	M.	576,3219	Fe	"
481,0699	Zn	F. u. P.	576,97946	Hg	"
485,9928	Fe	"	578,2287	Cu	"
500,2057	Fe	"	578,2356	Cu	"
508,3518	Fe	"	579,08562	Hg	"
508,59969	Cd	M.	589,0165	Na	"
508,60754	Cd	H.	589,6132	Na	"
510,5717	Cu	F. u. P.	606,5695	Fe	"
515,3426	Cu	"	623,0945	Fe	"
515,48363	Cd	H.	632,53853	Cd	H.
520,9258	Ag	F. u. P.	636,2561	Zn	F. u. P.
521,8379	Cu	"	643,86911	Cd	M.
523,3132	Fe	"	649,5213	Fe	F. u. P.
530,2501	Fe	"	670,8074	Li	"
543,4710	Fe	"			

Schck.

Ein Polarisationskolorimeter.

Von A. Meisling. *Zeitschr. f. anal. Chem.* **43.** *S. 137. 1904.*

Kolorimetrische Eisenbestimmung im Blute mit Meislings Universalkolorimeter.

Von H. P. T. Oerum. *Zeitschr. f. anal. Chem.* **43.** *S. 147. 1904.*

1. Das von Meisling konstruierte Kolorimeter hat äußerlich die Form eines Mikroskops. An Stelle des Beleuchtungsspiegels ist eine durch Lampenlicht beleuchtete schräge Gipsfläche angebracht; von dem reflektierten Licht werden zwei senkrecht nach oben gehende Bündel benutzt. Das eine Lichtbündel durchläuft die zu untersuchende Flüssigkeitsschicht, deren Höhe in bekannter Weise durch Eintauchen eines leeren Glaszylinders geändert werden kann; das andere Bündel wird durch ein Nicol P linear polarisiert. Beide Lichtbündel durchlaufen nun eine (zur Achse senkrechte) Quarzplatte. Etwa 20 *cm* über der letzteren liegt ein zweites Nicol A, durch welches der Beobachter die beiden Vergleichsfelder (Flüssigkeitsschicht und Nicol P) anblickt.

Durch Drehen des oberen Nicols A kann der Beobachter dem durch P gebildeten Vergleichsfeld jede beliebige Färbung erteilen; ändert er gleichzeitig die Schichtdicke der Flüssigkeit, so kann er sowohl gleiche Färbung wie gleiche Helligkeit der Vergleichsfelder herstellen. Wird die Lösung durch eine andere von bekannter Konzentration ersetzt, so kann man die Konzentration der ersteren berechnen. Denn es verhalten sich bei gleicher Lichtabsorption die Konzentrationen umgekehrt wie die Schichtdicken.

Das Meisingsche Kolorimeter ist in erster Linie zur Bestimmung der Konzentration des Blutes an Hämoglobin bestimmt. Oerum wendet dasselbe zur Eisenbestimmung im Blute an. Es wird im wesentlichen die Jollessche Methode benutzt; das Blut wird verascht, das rückständige Eisen in rotes Rhodaneisen verwandelt und dessen Menge kolorimetrisch bestimmt.

Meisling spricht bald von Hämoglobingehalt, bald von prozentualem Hämoglobingehalt, bald von Hämoglobinwert. Es scheint dem Ref., als ob dem Verf. nicht klar bewußt ist, daß alle kolorimetrischen Methoden die Konzentration (Anzahl *g* in 100 *ccm*), nicht den Prozentgehalt (Anzahl *g* in 100 *g*) ergeben. Bei verdünnten Lösungen, deren Dichte nahezu 1 ist, ist der Unterschied freilich gering.

2. Nach Ansicht des Ref. läßt der Apparat in photometrischer Beziehung vieles zu wünschen übrig. Zunächst stoßen die Vergleichsfelder nicht mit scharfer, bei der Einstellung verschwindender Trennungslinie aneinander. Dies ließe sich durch einfache optische Mittel erreichen und würde die Einstellung erleichtern.

Wichtiger ist der folgende prinzipielle Fehler, der fast allen gebräuchlichen kolorimetrischen Methoden anhaftet, und den Ref. schon früher klargelegt hat (s. Franz Schmidt & Haensch, Kolorimetrische Apparate. Berlin, September 1903). Die Bestimmung z. B. der Hämoglobinkonzentration beruht im Grunde auf der Absorption des blauen Lichtes. Die große, ungeschwächte Menge roten Lichtes macht die Einstellung derart unempfindlich, daß von einer Messung jener Absorption auf 1 % gar keine Rede sein kann. Viel empfindlicher wird die Einstellung, wenn man durch Strahlenfilter (blaues *und* grünes Glas) die roten Strahlen abblendet.

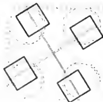
Die Spektralphotometer gestatten, Analysen nach diesem wissenschaftlich richtigen Prinzip auszuführen. Daher sind Hämoglobinbestimmungen mit dem Hüfnerschen oder dem König-Martensschen Spektralphotometer den üblichen kolorimetrischen überlegen. Leider sind diese großen Apparate teuer und deshalb wird ihre Anwendung immer auf größere Institute beschränkt bleiben. Es ließe sich aber sehr wohl eine Modifikation des Königschen Spektralphotometers konstruieren, welche für spezielle Aufgaben wie die Hämoglobinbestimmung geeignet und so billig herzustellen wäre, daß ihre Anschaffung für einzelne Ärzte in Frage käme. Das König-Wannersche Pyrometer ist eine solche Konstruktion.

Ref. hält es für seine Pflicht, auf diesen Weg hinzuweisen, steht aber nicht an, zuzugeben, daß das Meislingsche Kolorimeter gegenwärtig das beste der einfachen Apparate sein mag, welche zur Hämoglobinbestimmung in Anwendung sind. *Martens.*

Dynamometer für schnelle elektrische Schwingungen.

Von N. Papalexi. *Ann. d. Physik* **14.** *S. 756. 1904.*

Das Dynamometer von Papalexi beruht ähnlich wie eine Anzahl bereits von Anderen konstruierter Apparate auf dem Prinzip der gegenseitigen Induktion zwischen fester und beweglicher Spule. Die Konstruktion ist auf Grund theoretischer Erwägungen ausgeführt worden. Die Nadel besteht (vgl. die Figur) aus zwei gekreuzten Holzstäbchen von je 13 *cm* Länge; an jedem Ende ist ein Quadrat aus 1 *mm* breiten und 0,1 *mm* dicken Aluminiumstreifen angebracht; sämtliche Quadratflächen liegen in einer Ebene. Die Nadel trägt eine Achse, an der oben ein Spiegelchen, unten ein Dämpferflügel aus Glimmer befestigt ist, sie hängt bifilar an 32 *cm* langen Kokonfäden zwischen zwei horizontalen Spulensystemen von je vier Spulen. Diese sind so angeordnet, daß das eine System das Spiegelbild des zweiten bildet in bezug auf die Ebene, in der das bewegliche System hängt. Die Spulen haben einen Durchmesser von 4,5 *cm*, bestehen aus je zwei Windungen 1,5 *mm* dicken isolierten Kupferdrahtes und sind so hinter einander geschaltet, daß die Einzelwirkungen auf das bewegliche System sich addieren. Das bewegliche System ist gegenüber dem festen etwas exzentrisch gestellt.



Zur Prüfung des Apparates wurden seine Angaben mit denen eines Dynamobolometers nach **Paalzow** und **Rubens** verglichen; die Periodenzahl der Ströme war von der Größenordnung $8 \cdot 10^6$ (Sek^{-1}). Die Versuche ergaben, daß die Ausschläge, wie es die Theorie erfordert, ziemlich genau proportional dem Quadrat der Stromstärke sind. Außerdem war es möglich, dem beweglichen System eine solche Lage zu geben, daß die Empfindlichkeit in ziemlich weiten Grenzen unabhängig von der Null-Lage war. *E. O.*

Versuche mit Heuslerschen Mangan-Aluminium-Kupfer-Legierungen.

Von E. **Gumlich**. *Elektrotechn. Zeitschr.* **26.** *S. 203. 1905*; *Ann. d. Physik* **16.** *S. 535. 1905.*

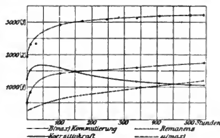
Von den durch **Heusler** gefundenen interessanten Legierungen unmagnetischer Materialien, welche nach dem Zusammenschmelzen ferromagnetische Eigenschaften zeigen (vgl. *diese Zeitschr.* **24.** *S. 156. 1904*) wurden vom Verf. zwei Proben untersucht, um festzustellen, welchen Einfluß eine Abkühlung auf tiefe Temperaturen hat und wie bei dauernder Erwärmung die einzelnen Charakteristika der Magnetisierungskurven — Koerzitivkraft, Remanenz, Permeabilität und Energievergeudung — sich ändern, und ob diese Änderungen in einem nachweisbaren Zusammenhange zueinander stehen. Die beiden Proben hatten folgende chemische Zusammensetzung:

	Cu	Mn	Al	Pb
Probe I:	Cu 61,5%	Mn 23,5%	Al 15,0%	Pb 0,1%
„ II:	„ 67,7	„ 20,5	„ 10,7	„ 1,2

Aus den Probestücken wurden zylindrische Stäbe von 18 *cm* Länge und 0,6 *cm* Durchmesser gedreht. Die Bearbeitung der Legierung II bot keinerlei Schwierigkeiten, dagegen erwies sich die Legierung I so spröde, daß der Stichel nicht faßte, und Stücke von den Enden absprangen. Es gelang schließlich, die Probe durch Abschleifen mit sogenannten Kapillarscheiben auf die gewünschten Dimensionen zu bringen. Die Bestimmung der Koerzitivkraft erfolgte mit dem Magnetometer, die Aufnahme der Induktionskurven nach der Jochmethode mit dem ballistischen Galvanometer. Die Untersuchung vor der thermischen Behandlung ergab bei einer Feldstärke von etwa $\mathfrak{H} = 150$ folgende Werte:

	Maximal-Induktion[1])	Remanenz	Koerzitivkraft	Maximal-Permeabilität	Steinmetzscher Koeff. η
Probe I:	4300	2500	7,3	230	0,0117
„ II:	1850	500	1,2	280	0,0024.

Eine zehnstündige Abkühlung auf die Temperatur der flüssigen Luft brachte bei keinem der Stäbe eine merkliche Änderung der Magnetisierungskurve hervor, ebensowenig eine dauernde Erwärmung bei der bleifreien Legierung I, wohl aber in hohem Maße bei Legierung II.



Die im elektrischen Ofen vorgenommene Erwärmung auf etwa 110° erstreckte sich zunächst über 540 Stunden; sie wurde von Zeit zu Zeit durch die magnetischen Messungen unterbrochen und erst abgebrochen, als ein definitiver Zustand erreicht zu sein schien. Die Ergebnisse der Messungen sind graphisch in der nebenstehenden Figur wiedergegeben. Sie zeigt, daß Maximalinduktion und Remanenz mit der Dauer der Erwärmung erst rascher, allmählich langsamer, aber beide in ganz ähnlicher Weise ansteigen, während der Verlauf der Kurve für die Koerzitivkraft einen ganz abweichenden Charakter trägt, indem die Koerzitiv-

[1]) Unter Maximal-Induktion versteht der Verf. stets die zur höchsten beobachteten Feldstärke gehörige Induktion.

kraft zuerst ebenfalls mit der Dauer der Erwärmung ziemlich stark ansteigt, um dann jedoch langsam wieder zu sinken, und zwar beträchtlich unter den Anfangswert. Hiermit hängt auch der Verlauf der Maximal-Permeabilität zusammen, welcher auf den ersten Blick keinerlei Analogie zum Verlauf der übrigen Kurven zu haben scheint, tatsächlich aber doch in einfacher Beziehung zur Remanenz und Koerzitivkraft steht. Wie nämlich beim Eisen, so gilt auch hier die früher vom Verf. gefundene Beziehung $\mu_{max} = a \cdot R/C$, worin R die Remanenz, C die Koerzitivkraft und a eine Konstante bedeutet, die beim Eisen ungefähr den Wert 0,5, beim vorliegenden Material den Wert 0,67 hat. Tatsächlich stimmen die nach dieser Formel berechneten Werte der Maximal-Permeabilität mit den beobachteten Werten innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler überein.

Der auf der Kurventafel nicht wiedergegebene Gang von η schließt sich demjenigen der Koerzitivkraft nahe an.

Nachdem bei 110° die Grenze der magnetischen Änderung erreicht zu sein schien, wurde der Stab noch 66 Stunden lang auf 165° gehalten und schließlich noch weitere 134 Stunden auf 110° erwärmt. Die Erwärmung auf 165° rief eine zunehmende Verschlechterung des Materials in magnetischer Beziehung hervor, indem zwar Maximal-Induktion und Remanenz ziemlich ungeändert blieben, aber die Koerzitivkraft und damit auch η auf ungefähr den doppelten Betrag stiegen und die Maximal-Permeabilität entsprechend sank. Ein Teil der Verschlechterung konnte durch die darauf folgende Erwärmung auf 110° wieder aufgehoben werden, aber bei weitem nicht der gesamte Betrag.

Die Länge und das spezifische Gewicht des Stabes hatten sich durch die Erwärmung fast gar nicht geändert, dagegen hatte das elektrische Leitvermögen beträchtlich zugenommen.

Der zweite Teil der Arbeit beschäftigt sich mit den magnetischen Nachwirkungserscheinungen, welche die Heuslerschen Legierungen in besonders hohem Maße zeigen, und zwar traten dieselben sowohl bei der Untersuchung mit dem Magnetometer als auch ganz besonders stark bei der ballistischen Untersuchung im Joch hervor.

Je geringer die Größe der Sprünge bei der Änderung des Magnetisierungsstromes war, um so stärker war die Nachwirkung, was sich in einfacher Weise dadurch nachweisen ließ, daß man den das ballistische Galvanometer enthaltenden Sekundärkreis erst eine bezw. mehrere Sekunden nach Änderung des Magnetisierungsstroms schloß. Während beim Eisen dann — wenigstens bei größeren Feldstärken — kein merklicher Ausschlag mehr erfolgt, betrug hier bei sehr kleinen Sprüngen und niedriger Induktion der Ausschlag nach 1 Sekunde noch bis zu 50% von demjenigen, der eintrat, wenn der Sekundärkreis dauernd geschlossen blieb. Es folgt daraus, daß die Höhe und bis zu einem gewissen Grad auch die Gestalt der Hystereseschleifen bei niedrigen Induktionen ganz von der Größe der angewandten Sprünge abhängt. Bei größeren Sprüngen und namentlich auch bei Hystereseschleifen bis zu höheren Induktionen machten sich diese Nachwirkungserscheinungen viel weniger geltend.

Daß die Nachwirkungen bei den Beobachtungen im Joch sehr stark vergrößert erscheinen, hängt jedenfalls damit zusammen, daß sie auch beim Eisen besonders stark an Stellen sehr niedriger Induktion auftreten; das Joch aber, dessen Querschnitt ungefähr das 200-fache von dem des Stabes betrug, wurde auch bei einer Induktion des Stabes von $\mathfrak{B} = 1000$ nur mit einer Kraftliniendichte von $\mathfrak{B} = 5$ belastet.

Zum Schlusse weist der Verf. noch auf die von Hrn. Austin an denselben Stäben ausgeführten Versuche hin (*Verhandl. d. deutsch. physikal. Gesellsch.* **6.** *S. 211. 1904*), welche ergeben hatten, daß das Heuslersche Material bei der Magnetisierung ähnliche Dimensionsänderungen erleidet wie Eisen, Nickel und Kobalt; aber auch bei diesen Versuchen hatten sich sehr starke Nachwirkungserscheinungen geltend gemacht. *Glch.*

Neu erschienene Bücher.

Ch.-Éd. Guillaume, *Les applications des aciers au nickel avec un appendice sur la théorie des aciers au nickel.* 8°. VIII, 215 S. mit 25 Fig. Paris, Gauthier-Villars 1904. 3,50 fr.

Das Buch gibt eine ausführliche Darstellung der Eigenschaften und Anwendungen von Nickel-Stahl-Legierungen. Im Anhang wird der Grundriß einer Theorie der wissenschaftlich interessanten und für die Technik wichtigen Erscheinungen mitgeteilt.

Der Inhalt des Buches ist der Hauptsache nach aus früheren Aufsätzen Guillaumes u. A. bekannt und auch in dieser Zeitschrift mehrfach besprochen worden (vgl. *diese Zeitschr.* **17.** *S. 155 u. 344. 1897;* **18.** *S. 283 u. 386. 1898;* **20.** *S. 208. 1900;* **22.** *S. 196. 1902;* **23.** *S. 184 u. 251. 1903*). Dies gilt z. B. von den im ersten Teile geschilderten *Eigenschaften* der Nickelstahle. Doch sind in den letzten Jahren noch mancherlei Erfahrungen gesammelt und neue Anwendungen zu den früheren hinzugekommen, denen die folgenden Teile des Buches gewidmet sind, und über welche Guillaume selbst in einem Referat in *Nature* **71.** *S. 134. 1904* im Auszuge berichtet.

Für die Technik am wichtigsten sind die *reversibeln* Nickelstahle, die mehr als 25 % Ni enthalten, insbesondere die 36 %-ige, „Invar" genannte Legierung von kleinstem Ausdehnungskoeffizienten. Die verlockende Aussicht, daraus Normalmaßstäbe ersten Ranges herzustellen, für welche eine Temperaturkorrektion so gut wie unnötig wäre, hat sich bekanntlich nicht in vollem Maße erfüllt, weil die langsame, jahrelang andauernde Ausdehnung des Invar trotz künstlichen Alterns nicht völlig unterdrückt werden kann. Sie beträgt pro Jahr und Meter Bruchteile eines Mikron. In allen Fällen aber, wo Längenmaße in schnell wechselnder, unsicher bestimmbarer Temperatur gebraucht werden und nur auf kürzere Zeit, sodaß von Zeit zu Zeit der Vergleich mit einem Normalmaßstabe möglich ist, wird Invar das vorteilhafteste Material sein; so also besonders in der *Geodäsie.*

Für geodätische Basisausmessungen kommen zweierlei Längenmaße in Betracht: feste, unbiegsame Maßstäbe von beschränkter Länge (vier Meter) oder nach dem vor 20 Jahren von Jäderin gemachten Vorschlage lange Drähte, die unter konstanter Belastung von Marke zu Marke ausgespannt werden. Die Vorteile der zweiten Methode sind die Verringerung der Anzahl notwendiger Messungen, die bequeme Wahl des Untergrundes und die Transportfähigkeit der Meßeinrichtung. Einen Nachteil bildete aber bisher die unsichere Temperaturbestimmung des langen, durch die freie Luft gespannten Drahtes. Deshalb bewähren sich hier gerade Invardrähte vorzüglich, da eine Kenntnis der Temperatur auf 5° ausreicht. Auch hinsichtlich der elastischen Eigenschaften haben sie keine Mängel gezeigt. Sie sind von Guillaume und Benoît in vierjähriger Arbeit eingehend studiert, und es ist schließlich gelungen, Drähte von 24 *m* Länge und dem gewöhnlichen Durchmesser von 1,65 *mm* herzustellen[1], welche nach wechselnder Belastung bis zu 20 *kg* keine meßbare dauernde Verlängerung zeigten. Eine solche war ebensowenig bemerkbar, wenn der Draht wiederholt auf eine Rolle (von etwa 50 *cm* Durchmesser) gewickelt oder in aufgerolltem Zustande monatelang bewahrt wurde.

Bei Einführung der Invardrähte wird die Basismessung verhältnismäßig genauer als die Winkelmessungen, sie ist ferner bequemer und billiger, wenn auch nicht so genau als mit kurzen Maßstäben. Man wird deshalb in der modernen Geodäsie die Winkelmessungen durch häufigere Basismessungen mit Invardrähten kontrollieren können. Man findet eine eingehende Beschreibung ihrer Anwendung im zweiten Teil von Guillaumes Buch.

Im dritten Teil werden die Anwendungen der Nickelstahle in der *Chronometrie* besprochen. Es kommen hier zwei Eigenschaften in Betracht, die *Wärmeausdehnung* und *Elastizität.* Über die Konstruktion von Invarpendeln ist bereits früher berichtet worden (vgl. *diese Zeitschr.* **22.** *S. 196. 1902;* **23.** *S. 251. 1903*). Die *Präzisionschronometer* konnten dadurch verbessert bezw. ihre Herstellung billiger gemacht werden, daß man die komplizierte Hülfs-

[1]) In den Stahlwerken von Imphy der *Société de Commentry-Fourchambault et Decazeville.*

konstruktion zur Beseitigung des sog. Deutschen Fehlers der Uurube entbehrlich machte. Dieser Fehler rührt daher, daß die Elastizität der Unruhefeder sich nicht *linear* mit der Temperatur ändert, und er kann nach Guillaume dadurch beseitigt werden, daß man für den Ring der Unruhe Messing mit einem Nickelstahl kombiniert, dessen Ausdehnung mit der Temperatur verzögert anwächst. Ein mit dieser neuen Unruhe ausgestattetes Taschenchronometer von P. Ditisheim hat in Kew im Jahre 1903 Resultate von einer bisher noch nicht erreichten Güte gegeben.

Für Unruhefedern *gewöhnlicher* Uhren macht man vorteilhaft Gebrauch von der Eigenschaft der Legierungen mit etwa 27 % bezw. 44 % Ni, bei gewöhnlicher Temperatur einen sehr kleinen Temperaturkoeffizienten der Elastizität zu besitzen. Ihre Anwendung für genaue Chronometer ist wegen des erheblichen zweiten Temperaturkoeffizienten und wegen der Schwierigkeit ausgeschlossen, die Legierungen genau so herzustellen, daß der Temperaturkoeffizient Null auf die für das Chronometer erwünschte Temperatur fällt.

Von den im vierten Teile des Buches besprochenen verschiedenen Anwendungen des Nickelstahls, z. B. für *Präzisionsteilungen*, *Metallthermometer*, *Objektivfassungen*, *Stimmgabeln*, *Torsionsdrähte*, sei hier noch eine hervorgehoben. Von den Legierungen mit 29 % bezw. 45 % Ni, welche etwa den Ausdehnungskoeffizienten des Glases besitzen, kann die zu zweit genannte zum *Einschmelzen* in Entladungsröhren und besonders in Glühlampen Verwendung finden und dadurch das kostbare Platin entbehrlich machen. Die Legierung mit 29 % Ni ist deshalb unbrauchbar, weil sie schon bei mäßiger Erwärmung in den unmagnetisierbaren Zustand von größerer Ausdehnungsfähigkeit übergeht. Die Legierung mit 45 % hat sich jedoch bei geeigneter, die Oxydation vermeidender Behandlung für Einschmelzungen bewährt und ist bereits von einigen Glühlampenfabriken angenommen. Permanente Änderungen sind nicht zu fürchten, da dieser Nickelstahl viel stabiler ist als Invar. Guillaume gibt an, daß bei allgemeiner Einführung dieser „Platinit“ genannten Legierung für Glühlampenzwecke jährlich eine Tonne Platin gespart und damit wissenschaftlichen Zwecken erhalten werden würde.

Die im Anhang des Buches gegebene *Theorie der Nickelstahle* soll hier kurz besprochen werden, da sie die Übersicht über die komplizierten Erscheinungen erleichtert und diese deshalb dem Gedächtnis einprägt. Die hauptsächlich von Le Chatelier, Osmond, Guillaume und Dumas ausgebildete Theorie sucht die Anomalien der Nickelstahle auf die Eigenschaften des reinen Eisens und Nickels zurückzuführen.

Reines *Eisen* besitzt bei 890° und etwa 755° Umwandlungspunkte, die sich darin äußern, daß die Temperaturkurve eines sich abkühlenden Eisenstückes Verzögerungen anzeigt, d. h. also einen Prozeß, bei dem Wärme frei wird. Die Umwandlungen sind reversibel, sie treten beim Erwärmen für dieselbe Temperatur wieder ein. Die drei Zustände des Eisens bezeichnet man, von tiefen Temperaturen beginnend, mit α, β und γ. Mit dem Übergang von einem Zustand in den andern ändern sich im allgemeinen auch die physikalischen Eigenschaften des Eisens. Die *Magnetisierbarkeit* im α-Zustand fällt beim Übergang in den β-Zustand rasch ab und bleibt im γ-Eisen sehr schwach. Dagegen findet man eine Anomalie der *Ausdehnung* nur bei der Umwandlung von β- in γ-Eisen (890°). Hier tritt eine plötzliche Kontraktion um 3 Tausendstel der linearen Dimension ein. Außerdem ist der Ausdehnungskoeffizient des γ-Eisens größer als der des α-Eisens.

Reines *Nickel* erleidet beim Erwärmen auf 340° eine reversible Umwandlung, die mit dem Verlust der Magnetisierbarkeit, aber keiner Ausdehnungsanomalie verbunden zu sein scheint.

Fast immer werden nun die Umwandlungstemperaturen durch Zusatz fremder Körper herabgedrückt, so beim Eisen sehr stark durch Nickel, Mangan, Kohle. Dabei nähern sich die beiden Umwandlungspunkte des Eisens allmählich und sind z. B. für einen Zusatz von 8 % Ni bereits vollständig ineinander übergegangen. Hier verwandelt sich das γ-Eisen direkt in α-Eisen. Zugleich wird durch den Fremdkörper die Umwandlung des Eisens *irreversibel*, d. h. sie tritt bei verschiedenen Temperaturen ein, je nachdem die Temperatur steigt oder

fällt. Dies ist nicht der Fall beim Nickel, obwohl auch dessen Umwandlungspunkt in der Regel durch Zusatz nicht magnetischen Metalls herabgedrückt wird, z. B. durch geringe Chrom-Zusätze so stark, daß es bei gewöhnlicher Temperatur unmagnetisierbar ist. Stets aber bleibt beim Nickel die Umwandlung reversibel.

Bei den Nickelstahlen ist das in erheblichem Überschuß vorhandene Metall für die Umwandlungserscheinungen maßgebend. Die an Eisen reichen Legierungen (bis etwa 25 %) sind irreversibel (vgl. Fig. 1, wo AB die Punkte verschwindender, AC diejenigen auftretender Magnetisierbarkeit verbindet). Für die an Nickel reichen Legierungen kommt vielleicht eine von Maurain entdeckte Eigenschaft des Eisens in Betracht, in feinem elektrolytischen Niederschlag auf anderem Metall von dessen magnetischen Eigenschaften beeinflußt zu werden. So könnte nach Guillaume in Nickel fein verteiltes Eisen verschiedene Magnetisierbarkeit haben, je nachdem das Nickel unterhalb oder oberhalb seines Verwandlungspunktes liegt, und es wäre verständlich, daß bis zu ziemlich hohen Eisengehalten die Nickelstahle ebenso wie das Nickel reversible Umwandlung zeigen (vgl. Kurve DE in Fig. 1, deren Maximum von Guillaume nicht erklärt wird). Bei etwa 30 % Ni kämpfen Eisen und Nickel um den Haupteinfluß. Ein 30,4 %-iger Nickelstahl, der zunächst den reversibeln Legierungen angehörte, unterlag bei Abkühlung auf die Temperatur der flüssigen Luft einer irreversibeln Umwandlung. Bei den irreversibeln Nickelstahlen kommen in erster Linie die Eigenschaften des Eisens in Betracht. An den Umwandlungspunkten ändern sich die Eigenschaften der Legierung entsprechend einem ziemlich raschen Übergang des α-Eisens in γ-Eisen (bezw. umgekehrt), d. h. die Magnetisierbarkeit hört fast auf, es tritt eine Kontraktion des Volumens ein, dafür aber wird der Ausdehnungskoeffizient größer.

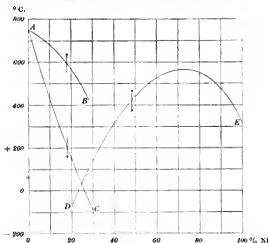


Fig. 1.

Bei den reversibeln Legierungen finden die Umwandlungen allmählicher statt unter dem beherrschenden Einfluß des Nickels. Da dieses aber Anomalien der Volumausdehnung nicht zeigt, so wird das anomale Verhalten der Legierungen auch hier durch die allmähliche Verwandlung von α-Eisen in γ-Eisen und die damit verbundene Kontraktion bestimmt.

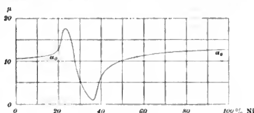


Fig. 2.

Nach dem Gesagten ist es nun möglich, sich von dem in Fig. 2 dargestellten Verlauf des Ausdehnungskoeffizienten α_0 der Nickelstahle bei 0° eine Erklärung zu bilden.

Solange für die eisenreichen Legierungen die Temperatur 0° hinreichend weit unterhalb der Umwandlungstemperatur (Kurve AC in Fig. 1) liegt, ist der Ausdehnungskoeffizient nahezu der des magnetisierbaren α-Eisens. Oberhalb 20 % Ni aber liegt 0° dem Umwandlungspunkt schon nahe. Ist das α-Eisen bereits in erheblicher Menge in γ-Eisen verwandelt, die

Legierung also im schwach magnetisierbaren Zustande, so wächst der Ausdehnungskoeffizient zu der Größenordnung des dem γ-Eisen zukommenden Wertes an (das Maximum in Fig. 2). Bei wenig höherem Nickelgehalt wird die Legierung reversibel, und zwar findet die allmähliche Umwandlung aus dem magnetisierbaren in den unmagnetisierbaren Zustand im Bereich der gewöhnlichen Temperatur statt. Entsprechend setzt sich der Ausdehnungskoeffizient der Legierung zusammen aus dem des Nickels, des α-Eisens, des γ-Eisens und aus der erheblichen Volumkontraktion beim Übergang vom α-Zustand in den γ-Zustand des Eisens. Der letztgenannte Vorgang bewirkt, daß der Ausdehnungskoeffizient der Legierung bis auf Null sinken, sogar negative Werte annehmen kann (vgl. *diese Zeitschr.* **23.** *S. 184. 1903*).

Bei weiter zunehmendem Nickelgehalt steigt die Kurve der Umwandlungstemperaturen so rasch an, daß bei 0° die Legierung sich wesentlich aus α-Eisen und Nickel zusammensetzt und einen normalen Ausdehnungskoeffizienten zeigt. *Grüneisen.*

Th. Kitti, Die elektromagnetische Wellentelegraphie. 155 S. m. 165 Abb. Zürich, Albert Raustein 1905. 5,40 M.; geb. 6,00 M.

Der Verf. gibt eine Darstellung der Grundlagen, der Theorie und der praktischen Anwendung der elektrischen Wellen. Im Anschluß an die Thomsonsche Theorie des Schwingungskreises wird der Leser zu den Arbeiten von Lodge und Hertz geführt. Die Darstellung der Hertzschen Versuche und eine kurze Übersicht über die Hertzsche Theorie des Oszillators schafft den Übergang zu den spezielleren Formen von Schwingungsleitern, wie sie für die Praxis von Bedeutung sind. Die Behandlung der Schwingungen in Drähten lehnt sich vielfach stark an die anschauliche Darstellung an, welche Slaby von diesen Erscheinungen gegeben hat. An die kurze und allgemeine Besprechung der Wellen-Indikatoren wie Kohärer, Antikohärer u. s. w. schließt sich endlich die Darstellung der im einzelnen bisher ausgeführten und praktisch erprobten Systeme der drahtlosen Telegraphie.

Das vorliegende Buch ist zweifellos sehr gut geeignet, um als Einführung in das Studium der drahtlosen Telegraphie, dieses jüngsten Sprosses der Elektrotechnik, zu dienen. Die Darstellung ist leicht faßlich, elementar und gefällig; letzteres gilt auch von der äußeren Ausstattung des Buches. Leider hat aber Verf. versäumt, irgend welche Literaturnachweise zu geben. Einige kleine Unvollständigkeiten sind vielleicht eher mit in Kauf zu nehmen; so vermißte z. B. Ref. die Wellenmesser von Dönitz und Slaby und (bei Gelegenheit der Lecherschen Drahtwellen) den Blondlotschen Erreger. Auch einzelne technische Angaben erscheinen dem Ref. nicht ganz auf der Höhe der Zeit zu stehen; z. B. ist der von H. Boas (Berlin) ausgeführte Quecksilberstrahlturbinen-Unterbrecher der auf *S. 92* abgebildeten älteren Konstruktion der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft in Berlin mindestens ebenbürtig. Indes erhebt das Werk ja nicht den Anspruch, ein Handbuch zu sein, und man kann deshalb über derartige Mängel, wie die genannten, hinwegsehen. Jedenfalls treten diese gegenüber den oben schon hervorgehobenen Vorzügen in den Hintergrund.

E. Gehrcke.

R. J. Strutt, *Becquerel Rays and Properties of Radium.* 8°. 222 S. London 1904. Geb. in Leinw. 8,80 M.

J. Walker, *The analytical Theory of Light.* gr. 8°. 432 S. Cambridge 1904. Geb. in Leinw. 15,00 M.

E. Ziegler, Anweisung zur Führung d. Feldbuches u. s. w. 8°. VIII, 144 S. m. 122 Textabb., sowie e. Anh. m. Tabellen, Musterbeispielen, Feldbuch u. 6 Taf. gebräuchl. Signaturen. Hannover, Gebr. Jänecke 1905. Geb. in Leinw. 3,80 M

— Dasselbe. Anh. als Feldbuch f. die Feldmeßübungen an techn. Lehranstalten u. f. die in der Ausbildg. begriffenen Techniker zum Feldgebrauch eingerichtet. 8°. III, 128 S. Gebr. Jänecke 1905. 2,20 M.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktion: Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XXV. Jahrgang. **Juli 1905.** Siebentes Heft.

Eine rotierende Schlauchpumpe ohne Ventile und ihre Verwendung.

Von
K. Prytz in Kopenhagen.

Die von mir konstruierte Schlauchpumpe, die in Fig. 1 schematisch dargestellt ist, kann als kleiner Hülfsapparat im Laboratorium und auf Reisen für den Transport von Gasen oder Flüssigkeiten mancherlei Dienste leisten.

Ein gewöhnlicher Kautschukschlauch, der je nach dem Zwecke eine geringere oder größere Wandstärke besitzt, ist um einen Zylinder gelegt. Die Rolle *R*, die gegen den Schlauch gedrückt bezw. wieder losgemacht werden kann, wird von einem um die Achse des Zylinders drehbaren Arm gehalten. Führt man die den Schlauch zusammendrückende Rolle im Kreise herum, so schiebt sie das den Schlauch erfüllende Fluidum vor sich hin bezw. sie zieht es hinter sich her.

Man hat schon früher Pumpen auf diese Wirkung gegründet. Eigentümlich für meine Konstruktion ist es, daß sie *ohne Ventile* mit nur einer Rolle einen steten Strom liefert; dies ist einfach dadurch erreicht, daß der Schlauch, wie es Fig. 1 zeigt, etwas mehr als eine Windung um den Zylinder bildet. Auf einem kleineren Teile *A B* der Oberfläche liegen also zwei Stücke des Schlauches neben einander, während der Schlauch sonst einfach liegt. Die beiden Enden *H* und *V* des Schlauches werden durch Löcher in dem Zylindermantel nach innen geführt, um von da aus sich weiter fortzusetzen. Durch diese Anordnung werden Ventile entbehrlich, denn bevor die Rolle beim Rotieren das vordere Ende *B* des Schlauchstückes verläßt, hat sie schon das hintere Ende *A* ergriffen, sodaß keine Unterbrechung in der stromtreibenden Kraft stattfindet.

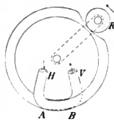


Fig. 1.

Die Abwesenheit von Ventilen gibt der Pumpe die eigentümliche Eigenschaft, daß man einfach durch Umkehrung der Drehrichtung auch die Richtung des Stromes umkehrt. Da das Fluidum nur einen glatten Schlauch zu passieren hat, ist eine vollkommene Reinigung leicht möglich.

Ist das hintere Ende des Schlauches mit einem geschlossenen, gaserfüllten Raum verbunden, so wird dieser durch Drehen der Rolle bis auf ungefähr 30 *mm* Quecksilberdruck evakuiert, sofern der Schlauch dickwandig genug ist, um dem Atmosphärendruck zu widerstehen. Ist dagegen *H* offen und *V* geschlossen, so wächst der Druck bei *V* so weit, als es die Festigkeit des Schlauches erlaubt.

Als ich zuerst versuchte, eine solche Pumpe auszuführen, bot mir das Anbringen des Schlauches einige Schwierigkeiten. Ein einfaches Umlegen um den Zylinder ging

nicht, weil die Rolle den Schlauch immer weiter in der Bewegungsrichtung ausstreckte. Die Aufgabe wurde schließlich dadurch gelöst, daß der Schlauch vor dem Umlegen auf einem mit einem Kautschukstreifen bedeckten starken leinenen Band festgeklebt wird; das Band wird dann straff um die mit Rillen versehene Zylinderfläche gelegt; auch ist es vorteilhaft, die Schlauchenden etwas gespannt zu halten.

Die Pumpe ist mit der Hand oder mittels Schnurlaufs zu treiben; für langsamen Gang, besonders bei elektrischem Antrieb, habe ich eine Schneckenrad-Übertragung an der Achse vorgesehen.

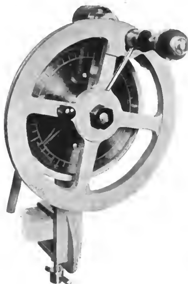


Fig. 2a.



Fig. 2b.

Fig. 2a u. 2b (etwa $^1/_3$ nat. Gr.) zeigt die Schlauchpumpe in der jetzigen Gestalt; die Einzelheiten der Konstruktion verdanke ich hauptsächlich der Werkstätte des Hrn. R. Fueß in Steglitz bei Berlin, der die Anfertigung der Pumpe übernommen hat.

Die Eigenschaften der Pumpe werden am besten durch die Arbeiten, bei welchen sie sich schon bewährt hat, erläutert. Ich werde daher im folgenden eine kurze Übersicht über diese Arbeiten geben.

1. *Isolation der Edelgase der Atmosphäre.* Argon mit seinen Begleitern wurde nach dem in Fig. 3 illustrierten Verfahren aus der atmosphärischen Luft isoliert[1]). Es wurde ein geschlossener Kreis $PQRS$ von Röhren gebildet. In den Kreis sind eingeschaltet: 1. ein Kolben K von 1 l Inhalt mit zwei entgegengesetzt angebrachten, mit Hähnen versehenen Zuleitungsröhren, 2. ein größeres, mit Magnesiumspänen gefülltes, in einem Verbrennungsofen liegendes Stahlrohr RS, 3. ein ebenfalls in einem

[1]) K. Prytz, *Verhandl. d. Deutsch. physikal. Gesellsch.* **5.** *S. 206. 1903.*

Ofen befindliches kleineres Stahlrohr $Q'Q$, dessen eine Hälfte mit Mg, die andere mit CuO gefüllt ist, 4. die Schlauchpumpe P. Der Röhrenkreis steht bei R durch ein in einem Ofen liegendes, metallisches Kupfer enthaltendes Stahlrohr TV mit der freien Luft in Verbindung.

Die Röhren TV, RS und die Kupferoxyd enthaltende Hälfte des Rohres $Q'Q$ werden erhitzt und die Pumpe mittels eines Motors, z. B. eines Heißluftmotors, in Gang gesetzt. Hierdurch wird die den Kolben und die Röhre erfüllende Luft immer in Zirkulation durch das den Stickstoff absorbierende glühende Magnesium hindurch gehalten; der vom glühenden Magnesium ausgeschiedene Wasserstoff wird in $Q'Q$ verbrannt, in den Röhrenkreis sind Absorptionsröhren für Wasserdampf und Kohlensäure eingeschaltet.

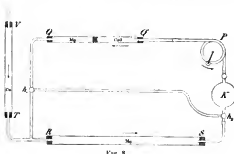


Fig. 3.

Infolge der fortwährenden Absorption des Stickstoffes in RS wird der Druck im Kreise immer unterhalb des Atmosphärendruckes gehalten; es strömt daher immer neue Luft hinzu, deren Sauerstoff vom Kupfer des Rohres TV zurückgehalten wird.

Auf diese Weise wird das Gas des Kolbens und des Röhrenkreises bei konstantem Volumen immer reicher an Argon; wenn schließlich nur eine Spur von Stickstoff übrig ist, wird auch die Magnesium enthaltende Hälfte des Rohres $Q'Q$ erhitzt, und die beiden Dreiweghähne h_1 und h_2 werden so gestellt, daß die Röhren PQh_1h_2 den Kreis bilden, indem die Röhren h_1RSh_2 ausgeschaltet werden. Vorher wird jedoch das in RS befindliche Argon noch in den Kolben hineingesaugt. Nachdem das Gas einige Zeit in dem kleinen Kreis zirkuliert hat, enthält der Kolben nur Argon und die ihm beigemischten anderen Edelgase der Atmosphäre. Mit den gewählten Dimensionen konnten auf diese Weise in weniger als 8 Stunden 50 Liter Luft verarbeitet, also $^1/_2$ Liter Argon gewonnen werden.

2. *Untersuchung der Radioaktivität von Quellwässern und der Gase von heißen Quellen.* Den Inhalt eines Wassers an Emanation habe ich in folgender Weise mit Hülfe der Schlauchpumpe untersucht. Ich ging von der Vorstellung aus, daß die vorhandene Emanation als ein im Wasser gelöstes Gas zu betrachten sei; wenn also ein gegebenes Quantum Luft in Berührung mit dem Wasser ist, wird sich ein Gleichgewichtszustand herstellen, indem die Emanation des Wassers sich zwischen dem Wasservolum und dem Luftvolum nach einem bestimmten Verhältnisse verteilt, sodaß der schließliche Gehalt der Luft an Emanation dem ursprünglichen Gehalt des Wassers proportional ist. Um den Gleichgewichtszustand schnell herstellen zu können, lasse ich eine abgeschlossene Luftmenge mittels der Schlauchpumpe fortdauernd durch das Wasser zirkulieren, und nach einiger Zeit untersuche ich in gewöhnlicher Weise die elektrische Leitfähigkeit der Luftmenge. Fig. 4 zeigt den Apparat, wie ich ihn im hiesigen

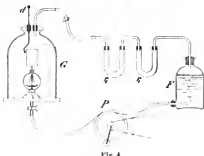
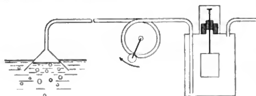


Fig. 4

physikalischen Laboratorium eingerichtet habe. *G* ist eine Glasglocke mit Elektrometer und geerdetem Drahtnetz, die luftdicht schließend auf einem Teller steht. Zwei Röhren führen oben und unten nach dem Innenraum. Um das Elektrometer laden zu können, ist in einem oben in der Glocke angebrachten Kautschukstopfen ein isolierter Kupferdraht befestigt, welcher unten in der Nähe des Zerstreuungszylinders des Elektrometers endet, sodaß man ihn infolge der Nachgiebigkeit des Kautschuks durch einen seitlichen Druck bei *d* in Berührung mit dem Zylinder bringen kann. Die tubulierte Flasche *F* enthält das zu untersuchende Wasser; sie steht in Verbindung mit der Glocke unten durch die Schlauchpumpe *P*, oben durch die beiden Röhren r_1 und r_2, deren erste ein Trockenmittel, während die andere geerdete Metallspäne oder Glaswolle enthält. Wird die Pumpe in der angegebenen Richtung mittels eines geeigneten Motors schnell gedreht, so wird in verhältnismäßig kurzer Zeit die ganze Luftmenge der Glocke mehrmals durch das Wasser getrieben, wonach man das Zusammenfallen der Blätter des Elektrometers beobachtet.

Herr cand. mag. Th. Thorkelsson hat im Sommer 1904 mehrere der heißen Quellen Islands aufgesucht zu dem Zwecke, die radioaktiven Verhältnisse zu untersuchen und Proben von den durch das Wasser aufsteigenden Gasen zu nehmen. Seine Arbeit brachte in allen ihren Teilen die Anwendung der Schlauchpumpe mit sich.

Das nach der beschriebenen Methode untersuchte Wasser der heißen Quellen zeigte keine Radioaktivität, was durch die hohe Temperatur (nahe am Siedepunkt) erklärlich ist. Dagegen fand Hr. Thorkelsson die durch das Wasser aufsteigenden Gase sämtlich radioaktiv, zum Teil ganz außerordentlich stark. Sie wurden, wie Fig. 5 zeigt, so untersucht, daß man einen umgekehrten Trichter in das Wasser hineinsetzte; das Rohr des Trichters stand mit Flaschen und Röhren, in welchen Schwefelwasserstoff und Wasserdampf absorbiert wurden, und weiter mit der Schlauchpumpe in Verbindung. Durch Drehen der letzteren wurde das Gas der vom Trichter aufgefangenen Gasblasen weiter geführt und, trocken und von Schwefelwasserstoff befreit, durch einen als Kondensator dienenden zylindrischen Behälter so lange geführt, bis man annehmen konnte, daß die atmosphärische Luft des Behälters von dem Quellgase verdrängt war. Dann wurde der Behälter geschlossen und die Leitfähigkeit seines Gasinhaltes mittels des Elektrometers untersucht.


Fig. 5.

Für die Entnahme der Gasproben wurde in ähnlicher Weise verfahren, nur wurde außer dem Schwefelwasserstoff auch die Kohlensäure absorbiert; es mußte nämlich der Transportschwierigkeiten wegen die Aufgabe auf die Untersuchung der Quellgase auf ihren Gehalt an Edelgasen, besonders an Helium, beschränkt werden. Die Gase wurden in röhrenförmigen Behältern von etwa 300 *ccm* Inhalt aufgefangen. Jeder Behälter endigte in einer engen Röhre, die nach der Füllung zugeschmolzen werden konnte. Die Schlauchpumpe diente zuerst zur Füllung des Behälters mit Quellwasser, indem man wechselweise den Behälter evakuierte und das Wasser zuleitete. Darauf wurde der so von atmosphärischer Luft befreite Behälter zwischen den umgekehrten Trichter und die Schlauchpumpe, wie aus Fig. 6 ersichtlich ist, in umgekehrter Lage eingeschaltet. Das Wasser wurde mittels der Pumpe und unter

Verwendung der drei Quetschhähne h nach und nach ausgesogen und in den Behälter Queligas hineingelassen, bis letzteres das Wasser verdrängt hatte.

Jede Gasprobe wurde im hiesigen Laboratorium so untersucht, daß sie mittels der Schlauchpumpe aus dem Behälter ausgesogen und zuerst über Quecksilber aufgesammelt wurde. Danach zirkulierte das Gas mittels derselben Schlauchpumpe in einem Röhrenkreise, in welchem Absorptionsröhren für Wasserdampf, Kohlensäure und Wasserstoff eingeschaltet waren. Hierdurch wurde eine rohe Bestimmung des Gehaltes des Gases an Wasserstoff ausgeführt, indem man das Volumen vor und nach der Absorption des Wasserstoffes bestimmte. Darauf wurde der Stickstoff und der Sauerstoff in einem besonderen Apparate absorbiert, und der nur aus Edelgasen bestehende kleine Rest wurde dann spektralanalytisch untersucht. Alle Gasproben enthielten Helium und Argon.

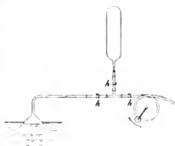
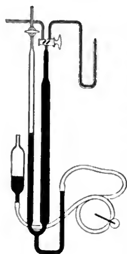


Fig. 6.

3. *Heben und Senken von Quecksilber.* In den bekannten Ramsay-Traversschen Apparat zum Transport von Gasen mitteis des Gashebers wie auch im gewöhnlichen Verdrängungsapparat bei der Gasanalyse habe ich die mit einem dickwandigen Schlauch versehene Schlauchpumpe, wie aus Fig. 7 ersichtlich ist, zum Heben oder Senken der sperrenden Quecksilberoberfläche zwischen dem Meßrohr und dem *fest* aufgestellten Quecksilberreservoir eingeschaltet. Man beherrscht auf diese Weise die Bewegung des Quecksilbers viel sicherer, als wenn man das Reservoir heben oder senken muß; dies ist ganz besonders der Fall, wenn man die Oberfläche in eine im Voraus gegebene Höhe einstellen will.


Fig. 7.

Ferner habe ich die von mir konstruierte Quecksilberfall - Luftpumpe[1]) in der in Fig. 8 dargestellten Weise selbsttätig gemacht. Die Pumpe wird mittels eines elektrischen Motors in langsamem Gang versetzt, und sie unterhält so eine stete Zirkulation des Quecksilbers in der Fallpumpe. Der Behälter R und die verengte Röhre r dienen zum Ausgleich der vorübergehenden Herabsetzung des Druckes, welche eintritt, wenn die Rolle die Stelle, wo der Schlauch doppelt liegt, verläßt; dann wird nämlich das Innere der Schlauchwindung plötzlich dem Drucke des gehobenen Quecksilbers ausgesetzt, und sie dehnt sich infolgedessen ein wenig aus. Gewöhnlich sind die drei Hähne h_1 h_2 h_3 geschlossen; das Quecksilber kommt folglich in keine

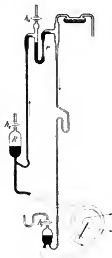


Fig. 8.

1) K. Prytz, *Wied. Ann.* **42.** *S. 191. 1891.*

Berührung mit der Feuchtigkeit der Atmosphäre. Ich habe, auch bei spektralanalytischen Arbeiten, nicht den geringsten Einfluß einer Berührung des Quecksilbers mit dem Kautschuk des Schlauches bemerken können. Es ist, trotz starker Beanspruchung der Pumpe in den letzten 15 Monaten, noch nicht nötig gewesen, den Schlauch der Schlauchpumpe umzutauschen; es scheint sogar, als ob dies häufige Quetschen durch die Rolle den Kautschuk weich erhält. Der Schlauch ist mit einer lichten Weite von etwa 3 *mm* bei einer Wanddicke von 3,5 *mm* aus gewöhnlichem, schwarzem Kautschuk hergestellt.

Außer den erwähnten Anwendungen habe ich noch bei vielen Gelegenheiten die Pumpe als Hülfsapparat im Laboratorium und bei Vorlesungen verwendet. Mittels des Schlauches der Pumpe stellt man zwischen zwei Behältern eine Verbindung her, welche es zuläßt, den den Behälter erfüllenden flüssigen Körper *unabhängig von dem gerade vorhandenen Druckunterschied in der einen oder anderen Richtung zu transportieren* oder in Ruhe zu lassen; macht man die Rolle los, so hat man eine gewöhnliche, den Druckunterschied ausgleichende Verbindung. Braucht man z. B. das Gas eines Gasometers oder Leuchtgas mit größerem Druck, als es der Gasometer bezw. die Gasleitungen liefern, so läßt sich dies mittels der Schlauchpumpe leicht erreichen.

Da die Pumpe bei jedem Umlauf dasselbe Volumen bei ungeändertem Druck aufnimmt, ist sie als ein sehr zuverlässiger Meßapparat für Gase und Flüssigkeiten verwendbar; mit Rücksicht darauf ist sie mit Teilung und Zeiger versehen, um die Anfangs- und Schlußstellung der Rolle ablesen zu können (vgl. Fig. 2a). Die Pumpe hat so zum Ausmessen des Volumens eines in der oben erwähnten Untersuchung von isländischen Quellgasen verwendeten Systems von Trockenröhren und anderen Absorptionsröhren gedient. Zuerst wurde das Röhrensystem durch Drehen der Pumpe evakuiert, wonach man mittels Drehens in der entgegengesetzten Richtung und unter Zählung der Touren Luft bis zum Atmosphärendruck hineinführte. Der Gehalt an Kohlensäure und Wasserdampf in der atmosphärischen Luft oder in einem Rauchgase wird so bestimmt, daß man durch die mit einem Zählwerk verbundene und mittels eines Motors getriebene Pumpe das Gas durch gewogene Absorptionsröhren hindurchtreibt.

Die Haltbarkeit des Schlauches gegenüber dem Einfluß der häufigen Quetschungen hat sich als unerwartet groß erwiesen. Es ist notwendig, das Band, auf welchem der Schlauch festgeklebt ist, straff zu halten. Da die Bewegung der Rolle das Band in seiner Längsrichtung immer streckt, wird das Band nach einigem Gebrauch ein wenig verlängert werden, weshalb man ein neu aufgebrachtes Band nach einiger Zeit gewöhnlich nachspannen muß.

Den Schlauch kann man ohne Schwierigkeit selbst auf dem Band festkleben. Dieses wird zweckmäßig auf einer Holzleiste, deren Länge gleich der Länge des um den Zylinder liegenden Schlauchstückes ist, mittels zweier Reißbrettstifte *a* und *b* (Fig. 9) ausgespannt. Man reibt das Band mehrmals mit gelöstem Kautschuk ein und klebt dann nach dem von den Fahrrädern bekannten Verfahren einen dünnen Kautschukstreifen auf das Band. Nach dem Trockenwerden klebt man den Schlauch auf den Kautschukstreifen, nachdem man vorher eine schmale Strecke des Schlauches bezw. des Streifens nach Reinigung mit gelöstem Kautschuk bestrichen hat. Die bestrichenen Flächen werden gegen einander gedrückt und darauf einige Stunden hindurch unter dem Druck eines belasteten Brettes gehalten.



Fig. 9.

Astrophotometrie.

Von
Karl Strehl in Erlangen.

Die Entdeckung des 6. (und neuerdings angeblich 7.) Jupitermondes sowie des 9. Saturnmondes legen es nahe, die instrumentalen Grundlagen der Astrophotometrie einer eingehenden Betrachtung zu unterziehen. Dies Gebiet ist vielleicht das schwierigste der ganzen beugungstheoretischen Optik. Im folgenden beabsichtige ich das Problem in erster Annäherung zu lösen und dies im engsten Anschluß an meine Abhandlungen: „Die Lichtstärke der Beugungsbilder in absolutem Maß" sowie „Beugungsbilder und deren Messung" und „Zonen und Leistung der Refraktoren" (*diese Zeitschr. 17. S. 165. 1897*; *16. S. 257. 1896* bezw. *24. S. 322. 1904*) unter Zuhülfenahme meiner Tabellensammlung: „Die Berechnung der Beugungsbilder" (Gymnasialprogramm. Erlangen 1898).

Zunächst haben wir zu unterscheiden zwischen hellen und dunklen Beobachtungsgegenständen, welche ganz verschiedene Behandlung erfordern, weil für erstere die absolute Helligkeit der Beugungsbilder und demnach auch die Wirkung von Absorption und Reflexion in Frage kommt, für letztere die relative Helligkeit (Definitionshelligkeit = Bildgüte) und demnach nur die Wirkung von sphärischen und chromatischen Fehlern samt Luftschlieren, bei beiden natürlich vor allem die Dimensionen des Instrumentes. Ferner haben wir die zwei Fälle auseinander zu halten, wo das Objektiv mittels Okular und Auge auf die Netzhaut bezw. unmittelbar auf die photographische Platte wirkt, und endlich unsere Untersuchung auf selbstleuchtende und beleuchtete Objekte auszudehnen, wobei die einzelnen Punkte des Objektes bezw. des fingierten geometrisch-optischen Bildes mit inkohärentem bezw. interferenzfähigem Lichte leuchten, und Punkte, Geraden sowie Flächen in den Bereich unserer Untersuchung zu ziehen. Ich beabsichtige deshalb, folgende Frage zu beantworten: „Wo liegt bei unseren Refraktoren das Optimum der Wahrnehmbarkeit von hellen oder dunklen, selbstleuchtenden oder beleuchteten Punkten, Geraden, Flächen für das Auge oder die Platte?"

Bevor wir zur eigentlichen Untersuchung schreiten, müssen wir uns erst etwas mit der Theorie der Beugungsbilder beschäftigen. Jedem Objektpunkt entspricht geometrisch-optisch ein Bildpunkt, beugungstheoretisch ein Beugungsbild, für gewöhnlich Kreisscheibe mit konzentrischen Ringen. Die Helligkeit eines punkt-, linienförmigen oder flächenhaften geometrisch-optischen Bildes an irgend einer Stelle wird nach einem Satz über bestimmte Integrale gefunden, indem man das Zentrum des typischen Beugungsbildes (von einem Lichtpunkt; vorausgesetzt wird, daß die Objekte Punkt für Punkt gleich stark leuchten) in diese Stelle bringt und berechnet, welcher Bruchteil der gesamten gleich 1 gesetzten Lichtmenge des idealen Beugungsbildes innerhalb der Grenzen des geometrisch-optischen Bildes zu liegen kommt. Zur größeren Anschaulichkeit stellt man sich das Beugungsbild, die örtlichen Lichtstärken als Ordinaten errichtend, als Gebirgsmodell (für gewöhnlich kuppelförmigen Berg mit Ringwällen) vor.

Hier haben wir nun, dem Fall selbstleuchtender und dem beleuchteter Objekte entsprechend, zu unterscheiden zwischen zwei Lichtmodellen, dem, dessen Ordinaten $\mathfrak{M}$ die Quadrate der örtlichen Schwingungsgeschwindigkeiten bezw. Amplituden — mithin ohne weiteres Energiewerte — bedeuten, welches in oben beschriebener Weise zu behandeln ist und für selbstleuchtende Objekte verwendet wird, und dem für be-

leuchtete Objekte anzuwendenden, dessen Ordinaten M die Schwingungsgeschwindigkeiten bezw. Amplituden selbst bedeuten, und das nach Integration über die Fläche des geometrisch-optischen Bildes erst noch Quadrieren des Ergebnisses erfordert, um einen Energiewert zu ergeben. Hieraus entsteht folgende Gruppierung:

a) *Leuchtende Punkte.* Wenn infolge sphärischer, chromatischer Fehler, Luftschlieren, eventuell Absorption und Reflexion die mittlere (höchste, gleich 1 gesetzte) und die benachbarten Ordinaten auf den Bruchteil μ herabgesetzt werden (gewöhnlich durch 100 bezw. weniger Prozente gekennzeichnet), dann trifft auf das Zentrum der neue Wert μ statt des alten 1 für die Leuchtenergie.

b) *Selbstleuchtende Geraden.* Was die zentral gelegte Gerade als geometrisch-optisches Bild von seiten des Beugungsbildes deckt, ist dessen Meridianschnitt; um dessen Fläche bezw. deren Berechnung handelt es sich nun. Man kann zur größeren Anschaulichkeit das Lichtmodell sich unter dem Bild eines Kegels bezw. Zylinders vorstellen, dessen mittlere Ordinate gleich 1 und dessen Grundkreisradius bezw. Durchmesser auch gleich 1 sei, dessen Meridianschnitt demzufolge ebenfalls eine Fläche gleich 1 habe.

Wenn nun die mittlere Ordinate auf den Bruchteil μ reduziert wird, dann ist wegen der Erhaltung des Lichtes sicher, daß die gesamte Masse des Lichtmodells, gleichviel ob $\mathfrak{M}$ oder M, die gleiche bleiben muß. Wie verhält sich nun die Fläche des neuen Meridianschnittes zu der des alten?

Ich nehme an, daß die Form des neuen Lichtmodells wieder ein Kegel bezw. Zylinder sei, bezw. daß in Wirklichkeit das Lichtmodell in der Weise umgeformt werde, daß die aus unserem Beispiel zu ziehenden Schlüsse gültig bleiben. Streng genommen ist von Fall zu Fall für jedes einzelne Objektiv die deformierende Wirkung obiger Einflüsse eine andere, möglicherweise unsere Schlüsse mehr oder weniger modifizierende; es ist jedoch unmöglich, diese endlosen, theoretisch ganz klar formulierbaren Rechnungen praktisch durchzuführen.

Für selbstleuchtende Geraden folgt aus der Gleichheit der Lichtmassen, d. h. aus $1 \cdot 1^2 = \mu \cdot x^2$, daß der Radius bezw. Durchmesser des neuen Grundkreises $x = 1 : \sqrt{\mu}$, demzufolge die Fläche des neuen Meridianschnittes $= \mu \cdot (1 : \sqrt{\mu}) = \sqrt{\mu}$ statt 1 ist.

β) *Beleuchtete Geraden.* Da μ die reduzierte mittlere Ordinate des Lichtmodells $\mathfrak{M}$ ist, so ist $\sqrt{\mu}$ die des Lichtmodells M; denn die Berechnungen über sphärische, chromatische Fehler, Luftschlieren, Absorption und Reflexion liefern stets die Mittelordinate $\mathfrak{M}$, welche das Quadrat der Mittelordinate M ist. Aus der Gleichheit der Lichtmassen, d. h. aus $\sqrt{1} \cdot 1^2 = \sqrt{\mu} \cdot y^2$, folgt $y = 1 : \sqrt[4]{\mu}$; demnach ist die Fläche des neuen Meridianschnitts $= \sqrt{\mu} \cdot (1 : \sqrt[4]{\mu}) = \sqrt[4]{\mu}$ statt 1. Allein da hier erst Quadrieren dieser Fläche den Energiewert erzeugt, so ergibt sich wieder der Wert $\sqrt{\mu}$ statt 1.

Während leuchtende Punkte bezw. Geraden selbst dann wahrnehmbar bleiben, wenn sie im eigentlichen Sinn des Wortes unendlich klein bezw. schmal — zum Ersatz hierfür unendlich hell — gedacht werden (man denke nur an die Sterne), sind dunkle Punkte und Geraden stets uneigentliche Bezeichnungen für (z. B. kreisförmige) Lücken bezw. (z. B. streifenförmige) Spalten von meßbarem Radius bezw. Breite in hellen Flächen, deren endliche durchschnittliche Helligkeit gar nicht in Frage kommt (man denke nur an die Fraunhoferschen „Linien"). Wir haben demnach zu behandeln:

c) *Selbstleuchtende Flächen (dunkle Punkte).* Da das umgeformte Lichtmodell $\mathfrak{M}$ sich von dem ursprünglichen in der Mitte nur durch Reduzierung sämtlicher Ordinaten

von 1 auf μ unterscheiden wird, so entsteht die nach meinem Programm (s. o.) zu beantwortende Frage: Wenn die in Ausfall kommende Lichtmasse über einem Kreis vom Radius Z einen gewissen Wert, z. B. 5 %, hat, wie groß ist dann der Radius X eines Kreises, der über sich eine $1:\mu$ mal so große — wegen Reduzierung der Ordinaten tatsächlich gleich große — Lichtmasse tragen würde?

γ) *Beleuchtete Flächen (dunkle Punkte)*. Die Ordinaten in und um die Mitte des Lichtmodells M werden von 1 auf $\sqrt{\mu}$ reduziert. Die Frage lautet demnach: Wenn die negativ zu rechnende Lichtmasse über dem Kreis Z, z. B. 2,5 %, beträgt, welcher Kreis X trägt dann über sich eine $1:\sqrt{\mu}$ mal so große Lichtmasse?

d) *Selbstleuchtende Flächen (dunkle Geraden)*. Da die Fläche des Meridianschnittes und der benachbarten sich von 1 auf $\sqrt{\mu}$ reduziert, so haben wir zu fragen: Wenn die in Ausfall kommende Lichtmasse über einer Spalte von der Breite Z einen gewissen Wert, z. B. 5 %, hat, wie groß ist dann die Breite Y der Spalte, die über sich eine $1:\sqrt{\mu}$ mal so große — in Wirklichkeit wegen der Reduzierung der Ordinaten gleich große — Lichtmasse tragen würde?

δ) *Beleuchtete Flächen (dunkle Geraden)*. Die Fläche des Meridianschnittes und der benachbarten wird von 1 auf $\sqrt[4]{\mu}$ reduziert und die Frage lautet: Wenn die abzuziehende Lichtmasse über der Spalte Z, z. B. 2,5 %, beträgt, welche Spalte Y trägt dann über sich eine $1:\sqrt[4]{\mu}$ mal so große Lichtmasse?

Helle Objekte.

Im folgenden bedeuten ε_1 spezifisches Strahlungsvermögen, $\mathfrak{S}^2\pi$ scheinbare Fläche bezw. $\mathfrak{B}$ scheinbare Breite, stets in absolutem Maß ($360^\circ = 2\pi$), R wirksamer Öffnungshalbmesser bezw. P Brennweite des Objektives, r bezw. p die gleichen des Okulars, $\mathfrak{V}$ Vergrößerung, wobei $R:\mathfrak{V} = r$, $\mathfrak{r}$ wirksamer Halbmesser der Pupille bezw. $\mathfrak{p}$ hintere Brennweite des Auges, $\mathfrak{r}'$ wirksamer Halbmesser des Querschnittes am Ort des hinteren Knotenpunktes bezw. $\mathfrak{p}'$ hintere Knotenweite des Auges, λ Wellenlänge im freien Äther bezw. λ' Wellenlänge im Auge, wobei $\mathfrak{r}:\mathfrak{r}' = \mathfrak{p}:\mathfrak{p}' = \lambda:\lambda' = n = 1{,}33$ ist.

Was die Wirkung auf die photographische Platte betrifft, dürfen die Formeln der ersten Abhandlung (s. o.) einfach umgeschrieben werden. Was die Zwischenschaltung von Okular und Auge anlangt, ist ein doppelter Weg gangbar. Entweder man schreibt die Formeln einfach für die Verhältnisse im Auge um, wobei auch $\mathfrak{r}, \mathfrak{p}, \lambda$ statt $\mathfrak{r}', \mathfrak{p}', \lambda'$ gesetzt werden dürfen, weil die Formeln im Endergebnis dieser Größen dimensionslos sind, multipliziert jedesmal mit $R^2:r^2$, weil die Lichtfülle der Objektivöffnung in der Okularöffnung soviel mal enger zusammengedrängt ist, und bei Geraden mit $1:\mathfrak{V}$ bezw. bei Flächen mit $1:\mathfrak{V}^2$, weil die endliche Länge bezw. Fläche hier, wo gleichsam das scheinbare, mit bloßem Auge gesehene Bild durch das Fernrohr nach geometrisch-optischen Gesetzen vergrößert und erst im Auge in das Beugungsbild verwandelt wird, wenn größer dann lichtschwächer wird, während unendlich kleine bezw. schmale Dimensionen hierunter nicht leiden — oder man betrachtet Okular + Auge als eine Art Vergrößerungssystem und multipliziert wegen der hiermit verbundenen Lichtschwächung die Formeln für die photographische Platte einfach mit $p^2:\mathfrak{p}^2$. Hierdurch ergibt sich schließlich für

Punkte: $R^2/r^2 \cdot \mathfrak{r}^4/\lambda^2\mathfrak{p}^2 = R^4/\lambda^2 P^2 \cdot p^2/\mathfrak{p}^2 = R^2\mathfrak{r}^2/\lambda^2\mathfrak{p}^2$,

Geraden: $1/\mathfrak{V} \cdot R^2/r^2 \cdot \mathfrak{r}^3/\lambda\mathfrak{p}^2 = R^3/\lambda P^2 \cdot p^2/\mathfrak{p}^2 = R\mathfrak{r}^2/\lambda\mathfrak{p}^2$,

Flächen: $1/\mathfrak{V}^2 \cdot R^2/r^2 \cdot \mathfrak{r}^2/\mathfrak{p}^2 = R^2/P^2 \cdot p^2/\mathfrak{p}^2 = \mathfrak{r}^2/\mathfrak{p}^2$.

Vorausgesetzt ist hierbei ausdrücklich, daß $r = \mathfrak{r}$, das Auge auf ∞ eingestellt sei und in der Austrittspupille = (nahe) hinterem Okularbrennpunkt liege. Wenn $\mathfrak{r} = \vartheta r$, wobei $\vartheta < 1$, dann steht auch ϑR statt R, und die Formeln für Punkte, Geraden, Flächen sind mit ϑ^4, ϑ^3, ϑ^2 zu multiplizieren.

Endlich sind die Formeln noch mit dem Bildgütefaktor ($\mathfrak{G}$ für Punkte, $\sqrt{\mathfrak{G}}$ für Geraden) und mit dem Absorptions- und Reflexionsfaktor $\mathfrak{D}$ für das Fernrohr bezw. $\mathfrak{d}$ für das Auge zu multiplizieren und lauten demnach schließlich folgendermaßen:

Wenn ε_1 die von einem Objekt von der scheinbaren Fläche 1 in 1 Sek. durch die Flächeneinheit des Objektives geschickte Energie ist, dann ist die Flächendichte der Energie im Bildzentrum bei Punkten und Geraden (Rand bei Ebenen) auf der Bromsilberplatte bezw. Netzhaut des Auges gegeben durch die Ausdrücke

Leuchtende Punkte:

photographisch $\varepsilon_1 \cdot \mathfrak{S}^2 \pi \cdot \left(\frac{R^2 \pi}{\lambda P}\right)^2 \cdot \mathfrak{G}\mathfrak{D}$; visuell $\varepsilon_1 \cdot \mathfrak{S}^2 \pi \cdot \left(\frac{R \mathfrak{r} \pi}{\lambda \mathfrak{p}}\right)^2 \cdot \mathfrak{G}\mathfrak{D}\mathfrak{d}\vartheta^4$.

Ganze Geraden: selbstleuchtend:

photographisch $\varepsilon_1 \cdot \mathfrak{B} \cdot \frac{16 R^3}{3 \lambda P^2} \cdot \sqrt{\mathfrak{G}}\,\mathfrak{D}$; visuell $\varepsilon_1 \cdot \mathfrak{B} \cdot \frac{16 R \mathfrak{r}^2}{3 \lambda \mathfrak{p}^2} \cdot \sqrt{\mathfrak{G}}\,\mathfrak{D}\mathfrak{d}\vartheta^3$,

beleuchtet:

photographisch $\varepsilon_1 \cdot \mathfrak{B} \cdot \frac{2 \pi R^3}{\lambda P^2} \cdot \sqrt{\mathfrak{G}}\,\mathfrak{D}$; visuell $\varepsilon_1 \cdot \mathfrak{B} \cdot \frac{2 \pi R \mathfrak{r}^2}{\lambda \mathfrak{p}^2} \cdot \sqrt{\mathfrak{G}}\,\mathfrak{D}\mathfrak{d}\vartheta^3$.

Halbebenen: selbstleuchtend:

photographisch $\varepsilon_1 \cdot \frac{R^2 \pi}{2 P^2} \cdot \mathfrak{D}$; visuell $\varepsilon_1 \cdot \frac{\mathfrak{r}^2 \pi}{2 \mathfrak{p}^2} \cdot \mathfrak{D}\mathfrak{d}\vartheta^2$,

beleuchtet:

photographisch $\varepsilon_1 \cdot \frac{R^2 \pi}{4 P^2} \cdot \mathfrak{D}$; visuell $\varepsilon_1 \cdot \frac{\mathfrak{r}^2 \pi}{4 \mathfrak{p}^2} \cdot \mathfrak{D}\mathfrak{d}\vartheta^2$.

Dunkle Objekte.

Hier beschränke ich mich hierauf, als Empfindlichkeitsgrenze für die Bromsilberplatte bezw. Netzhaut des Auges unserer Rechnung 5 % zugrunde zu legen. Es bedeute $Z = 2 \pi R \sigma / \lambda P$, wobei σ der Radius einer kreisförmigen Lücke bezw. die Breite einer streifenförmigen Spalte ist.

Selbstleuchtende Fläche. Wenn der über der Lücke bezw. Spalte stehende Bruchteil des Lichtmodells $\mathfrak{M}$ den Wert 5 % hat, dann hat die Lichtstärke im Zentrum der Lücke bezw. Spalte den Wert 95 %, weit außerhalb derselben den Wert 100 %; der größte Unterschied beträgt 100 % — 95 % = 5 %.

Beleuchtete Fläche. Wenn der über der Lücke bezw. Spalte stehende Bruchteil des Lichtmodells M den Wert 2,5 % hat, dann hat die Amplitude im Zentrum der Lücke bezw. Spalte den Wert 97,5 %, weit außerhalb derselben den Wert 100 %; das Quadrat der Amplitude, d. h. die Lichtstärke, hat die Werte 95 % bezw. 100 %; der größte Unterschied beträgt wieder 5 %.

Aus der zweiten Abhandlung bezw. dem Programm (s. o.) ergibt sich als Grundlage der Rechnung folgende Tabelle:

Empfindlichkeitsgrenze	0 %	5 %	10 %
Radius Z der Lücke (dunkler Punkt) in			
selbstleuchtender Fläche	0	0,45	0,65
beleuchteter Fläche	0	0,32 +	0,45
Breite Z der Spalte (dunkle Gerade) in			
selbstleuchtender Fläche	0	0,20	0,35
beleuchteter Fläche	0	0,05	0,10

Tabelle.

Helle Punkte und Geraden auf dunklem Grund:

$2R$	05	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$\mathfrak{L}_0$	75	69	55	43	32	23	16	11	07	04	03
$\mathfrak{H}_0$	75	66	35	23	18	13	09	06	04	02	02

Punkte visuell (Größenklassen) ohne Luftschlieren:

R^2	1/4	1	4	9	16	25	36	49	64	81	100
Pv	1 7/8	07	22	38 +	51	57 +	57 +	54	45	32 +	30
m	1	3,7	11,7	20,5	27,2	30,7	30,7	28,8	24	17,3	16
$+^{0}$	0	1,4	2,7	3,3	3,6	3,7	3,7	3,7	3,5	3,1	3,0

Punkte visuell (Größenklassen) mit Luftschlieren:

Pv'	1 7/8	06 +	14	20 +	29	32 +	32 +	29 +	25 +	16	20
m'	1	3,5	7,5	10,9	15,5	17,3	17,3	15,7	13,6	8,5	10,7
$+^{0'}$		1,3	2,2	2,6	3,0	3,1	3,1	3,0	2,9	2,4	2,6

Punkte photographisch ohne und mit Luftschlieren:

R^2	(1/16)	00	00	01	02 +	06 +	13	24	41	65 +	100
$P\varphi$	3/640 {	00	01	03 +	08	14 +	20 +	26 +	28 +	26	30
$P\varphi'$		00	00 +	02	04 +	08	11 +	14 +	16 +	13	20
$\mathfrak{G}$	92	85	71	56	42	31	22	15	10	06	05
$\mathfrak{S}$	99	96	63	53	57	56	55	55	55	55	55
$\mathfrak{G}'$	91	81 +	44 +	29 +	24	17 +	12	08 +	05 +	03 +	03
$\sqrt{\mathfrak{G}}$	96	92	84 +	75	65	55 +	47	38 +	31 +	24 +	22 +
$\sqrt{\mathfrak{G}'}$	95 +	90 +	66 +	54 +	49	42	34 +	29	23 +	18 +	17 +
$\mathfrak{D}$	82	81	78	76	75	73	71	70	68	66	65
$\mathfrak{L}_1$	78 +	74 +	66	57	49	40 +	33 +	27	21 +	16	14 +
$\mathfrak{H}_1$	78 +	73 +	52	41 +	37	30 +	24 +	20 +	16	12	11 +

Geraden visuell ohne und mit Luftschlieren:

R	1/2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Gv	< 04	07 +	13	17	19 +	20 +	20	19	17	14 +	14 +
Gv'	< 04	07 +	10 +	12 +	15	15 +	14 +	14 +	13	11	11 +

Geraden photographisch ohne und mit Luftschlieren:

R^2	(1/8)	00	00	00 +	06 +	12 +	21 +	34 +	51	73	100
$G\varphi$	< 1/100 {	00	00 +	01 +	03	05	07	09 +	11	11 +	14 +
$G\varphi'$		00	00 +	01	02 +	04	05 +	07	08	09	11 +

Dunkle Punkte und Geraden auf hellem Grund:

$\mathfrak{G}$	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	05
$2R$	0	06 +	13 +	20 +	27 +	34	42	51	63	80	100
N		55 +	26 +	17 +	13	10 +	08 +	07	05 +	04 +	03 +
$2R'$	0	05 +	11	13	14	17 +	22 +	29 +	46	65 +	82
N'		65 +	32 +	27 +	25 +	20 +	16	12	08	05 +	04 +

Punkte auf selbstleuchtendem Grund ohne und mit Luftschlieren:

$\mathfrak{G}$	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	05
e_0	05	05 +	06 +	07	08 +	10	12 +	16 +	25	50	100
X	45	47 +	51 +	53 +	60	65	73 +	85	107 +	167 +	∞
Ps		26 +	13 +	09 +	08	07	06	06	06	07 +	
Ps'		31	16 +	14 +	15 +	13 +	12	10	08 +	09	

Geraden auf selbstleuchtendem Grund ohne und mit Luftschlieren:

$\sqrt{\mathfrak{G}}$	100	95	89 +	83 +	77 +	70 +	63	55	44 +	31 +	22 +
e_0	05	05 +	05 +	06	06 +	07	08	09	11	16	22 +
Y	20	20 +	21 +	23	24 +	26 +	29 +	32 +	37 +	49 +	61
Gs		11 +	05 +	04	03	03	02 +	02 +	02	02	02
Gs'		13 +	07	06 +	06	05 +	04 +	04	03	02 +	02

Punkte auf beleuchtetem Grund ohne und mit Luftschlieren:

%	02 +	02 +	03	03	03	03 +	04	04 +	05 +	08	11
Ξ	32 +	33	34	35	36	37 +	40	42 +	47 +	56 +	66 +
Pb		18 +	09	06	04 +	04	03 +	03	02 +	02 +	02 +
Pb'		21 +	11	09 +	09	07 +	06 +	05	04	03	03

Geraden auf beleuchtetem Grund ohne und mit Luftschlieren:

$\sqrt[4]{\mathfrak{G}}$	100	97 +	94 +	91 +	88	84	79 +	74	67	56	47 +
%	02 +	02 +	02 +	02 +	03	03	03	03 +	03 +	04 +	05 +
Y	05	05	05 +	05 +	05 +	06	06 +	07	07 +	09	10 +
Gb		03	01 +	01	00 +	00 +	00 +	00 +	00 +	00 +	00 +
Gb'		03 +	02	01 +	01 +	01	01	01	00 +	00 +	00 +

Erklärung.

Vorstehende theoretische Ergebnisse habe ich nun auf Grund der in der dritten Abhandlung (s. o.) erhaltenen Zahlen für praktische Zwecke ausgewertet und das Zahlenmaterial in obiger Tabelle niedergelegt. Diese zerfällt, entsprechend den Überschriften (helle und dunkle Objekte), in zwei Gruppen. Jede Gruppe ist teils ohne, teils mit Rücksicht auf die Wirkung von Luftwellen berechnet, die entsprechenden Werte teils ohne, teils mit Akzent (') versehen. Jede Gruppe handelt von Punkten (P) und ganzen, d. h. beiderseits des in Betracht kommenden Bildpunktes gleich weit (unendlich weit) sich erstreckenden Geraden (G). Die 1. Gruppe erstreckt sich auf visuelle (v) und photographische (φ) Wahrnehmung heller Objekte, die 2. Gruppe umfaßt den Fall selbstleuchtenden (s) und „beleuchteten"[1] (b) Grundes. Im übrigen bedeuten $\mathfrak{Z}$, $\mathfrak{F}$, $\mathfrak{W}$ die Definitionshelligkeiten infolge von Zonenfehlern allein, Farbenfehlern allein, Luftwellen allein, entsprechend $\mathfrak{G}$ (Bildgüte) $= \mathfrak{Z}\cdot\mathfrak{F}$, $\mathfrak{D}$ den nach Absorption und Reflexion durchgehenden Bruchteil des Lichtes, entsprechend $\mathfrak{L}$ (Leistung) $= \mathfrak{G}\cdot\mathfrak{D}$ und $\mathfrak{H}$ (Helligkeit) $= \mathfrak{L}\cdot\mathfrak{W}$; insbesondere $\mathfrak{G}' = \mathfrak{G}\cdot\mathfrak{W}$ und $\mathfrak{L}_1 = \sqrt{\mathfrak{G}}\cdot\mathfrak{D}$ bezw. $\mathfrak{H}_1 = \sqrt{\mathfrak{G}'}\cdot\mathfrak{D}$; $2\,R$ den Objektivdurchmesser (Einheit $= m$); R, R^2, R^3, R^4 die verhältnismäßigen Werte der 1., 2., 3., 4. Potenz von R; endlich $Pv = R^2\cdot\mathfrak{L}$ bezw. $Pv' = R^2\cdot\mathfrak{H}$, m die Verhältniszahl, $+^0$ die additive Sterngröße, $P\varphi = R^4\cdot\mathfrak{L}$ bezw. $P\varphi' = R^4\cdot\mathfrak{H}$, $G\,v = R\cdot\mathfrak{L}_1$ bezw. $G\,v' = R\cdot\mathfrak{H}_1$, $G\,\varphi = R^3\cdot\mathfrak{L}_1$ bezw. $G\,\varphi' = R^3\cdot\mathfrak{H}_1$; N die Anzahl Bogensekunden für $Z = 1$, wobei als Wellenlänge $\lambda = 550\,\mu\mu$ vorausgesetzt ist, % den zur Wahrnehmung notwendigen Bruchteil des Lichtmodells $\mathfrak{M}$ bezw. M, X bezw. Ξ den Radius der Lücke, Y bezw. Y die Breite der Spalte; $Ps = X\cdot N$ bezw. $Ps' = X\cdot N'$, $G\,s = Y\cdot N$ bezw. $G\,s' = Y\cdot N'$, $Pb = \Xi\cdot N$ bezw. $Pb' = \Xi\cdot N'$, $G\,b = Y\cdot N$ bezw. $G\,b' = Y\cdot N'$, alles in % angegeben. Ein + hinten bedeutet, daß die nächste Dezimalstelle 3, 4, 5, 6, 7 sein könnte.

Ergebnisse.

Überraschend ist die Tatsache, daß die Wirkung nicht unter allen Umständen und in jeder Beziehung mit dem Durchmesser des Objektives unbegrenzt wächst. Vielmehr ergibt sich nach unserer Tabelle unterhalb des Grenzwertes 100 *cm* ein Optimum für die visuelle Wahrnehmung heller Punkte bei etwa 55 *cm* bis 56 *cm* und heller Geraden etwa bei 53 *cm* bis 54 *cm* sowie für die Wahrnehmung von dunklen Punkten auf selbstleuchtendem Grund bei 57 *cm* ohne bezw. z. B. 49 *cm* mit Luftschlieren. Dunkle Geraden auf selbstleuchtendem Grund zeigen ohne Luftschlieren — scheint es bei genauer Rechnung — ein bei 65 *cm* liegendes bezw. mit Luftschlieren kein Optimum.

[1]) Vgl. meinen Aufsatz: „Beugungstheoretisches" (*Astron. Nachr. Nr. 3940. S. 52. 1904*).

Übrigens reicht im Vergleich mit einem Fernrohr von 5 *cm* Öffnung die visuelle Wahrnehmung von Sternen mittels großer Refraktoren günstigsten Falls ohne Luftschlieren 3,7 bezw. mit Luftschlieren z. B. 3,1 Werte der Größenskale (2,5 als Stufenfaktor vorausgesetzt) weiter. Für die photographische Wahrnehmung kommt außerdem die Wirkung der Zeit in Betracht, weshalb die Wirkung, scheint es, keine Grenze hat. Dunkle Punkte auf selbstleuchtendem Grund bei $^1/_{17}''$ bezw. $^1/_{12}''$ Radius, auf beleuchtetem Grund bei $^1/_{40}''$ bezw. $^1/_{23}''$ Radius, günstigsten Falls wahrnehmbar, sind viel schwierigere Objekte als dunkle Geraden, welche auf selbstleuchtendem Grund bei $^1/_{50}''$ Breite, auf beleuchtetem Grund bei $^1/_{200}''$ Breite günstigsten Falls wahrnehmbar sind (5% als Empfindlichkeitsgrenze des Auges bezw. der Platte vorausgesetzt).

Sterne, kleine Planeten und Trabanten, Nebelfleck-Spektrallinien, Poren der Sonnenoberfläche, Absorptionsbanden, Seen und Kanäle auf Mars bezw. Krater und und Rillen des Mondes bilden astronomischerseits, z. B. gefärbte Bakterien mikroskopischerseits das Gebiet der Anwendung dieser Abhandlung. Andere Verhältnisse bezüglich der Güte der Instrumente (Stärke der Luftwellen) bedingen selbstverständlich andere Ergebnisse; da ich mich tunlichst an wirkliche Fälle anlehnte, so dürfen die obigen zum mindesten Vertrauen beanspruchen.

Vorläufige Mitteilung über den Einfluſs der Korngröſse auf das elektromotorische Verhalten des Merkurosulfats.

Von

H. v. Steinwehr.

(Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.)

Seitdem man erkannt hat[1]), daß die Ursache der bei dem Kadmium- und Zink-Normalelement auftretenden Verschiedenheiten der elektromotorischen Kraft in dem als Depolarisator verwendeten Merkurosulfat zu suchen ist, sind mehrere Hypothesen zur Erklärung des verschiedenen Verhaltens dieses Salzes, durch das Unterschiede in der E.M.K. bis über $^1/_2$ Millivolt hervorgerufen werden können, aufgestellt und z. T. experimentell geprüft worden.

Ein Punkt ist jedoch bisher noch nicht berücksichtigt worden, nämlich der Einfluß der Korngröße auf die Löslichkeit und damit auch auf die elektromotorische Kraft. Im folgenden soll nun gezeigt werden, daß die beobachteten Verschiedenheiten im Verhalten des Merkurosulfats wohl ausschließlich von der verschiedenen Feinheit dieses Salzes herrühren.

Wie zuerst W. Thomson[2]) gezeigt hat, ist der Sättigungsdruck p an kleineren Wassertropfen größer als an größeren, und zwar ist dp/dr, wo r den Radius des Wassertropfens bezeichnet, proportional mit $-1/r^2$.

Später hat dann zuerst Ostwald[3]) analoge Betrachtungen für die Löslichkeit fester Körper angestellt und durch eingehende Experimente am roten und gelben Quecksilberoxyd bestätigt. Hier lagen die Verhältnisse so, daß die Differenz feines Oxyd — grobes Oxyd in der Löslichkeit mehrere Prozent und der dadurch bedingte Unterschied in der E.M.K. bis zu 0,6 Millivolt betrug. Diese Verschiedenheiten sowie

[1]) Jaeger und Lindeck, *diese Zeitschr.* **21.** *S. 76. 1901.*
[2]) W. Thomson, *Phil. Mag.* **42.** *S. 448. 1871*; auch Warburg, *Wied. Ann.* **28.** *S. 394. 1886.*
[3]) Ostwald, *Zeitschr. f. phys. Chem.* **34.** *S. 495. 1900.*

der Farbenunterschied ließen sich durch Feinreiben des groben Oxyds zum größten Teile beseitigen. Im Anschluß daran hat Hulett[1]) die Erscheinung des Löslichkeitsunterschiedes an verschiedenen anderen Salzen beobachtet. Eine Vorausberechnung des numerischen Wertes ist jedoch bei festen Körpern nach den Betrachtungen von Ostwald nicht möglich, da man dazu der Kenntnis der Oberflächenspannung fester Stoffe bedürfte, für die man zur Zeit noch keine genauen Daten besitzt.

Das fabrikmäßig dargestellte Merkurosulfat befindet sich nun in einem Zustande sehr feiner Verteilung, da bei der Fällung die Lösungen schnell vereinigt werden und dadurch sehr viele feine Kristalle entstehen. Zwei derartige Salze von C. A. F. Kahlbaum in Berlin und E. Merck in Darmstadt, die als Merkurosulfat I und IV bezeichnet werden sollen, liegen der weiteren Untersuchung zugrunde.

1. Diese Sulfate zeigen elektromotorisch einen Unterschied von

$$\text{I} - \text{IV} = +5 \cdot 10^{-4} \text{ Volt},$$

wonach I um mehrere Prozent löslicher sein muß als IV.

2. Betrachtet man diese Salze unter dem Mikroskop, so bemerkt man deutlich, daß die Kristalle von I, die man kaum noch als solche erkennt, kleiner sind als die von IV. Sie müssen also auch löslicher sein als die von IV, sodaß der mikroskopische Befund mit dem beobachteten Potentialunterschied dem Sinne nach übereinstimmt. In Fig. 1 und 2 sind die beiden Präparate in 90-facher Vergrößerung photographisch dargestellt. Man sieht unter dem Mikroskop, daß bei I die Kristalle von der Größenordnung eines tausendstel Millimeter sind, während man bei IV an vielen Teilchen sogar kristallinische Struktur bemerkt.

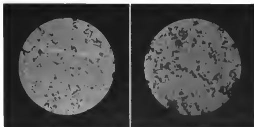


Fig. 1. Fig. 2.

3. Der Unterschied der E. M. K. muß geringer werden, wenn man das gröbere Salz feinreibt. Um dies zu prüfen, wurden zwei Elemente hergestellt, deren beide Pole aus Quecksilber bestanden, während als Elektrolyt eine gesättigte Kadmiumsulfatlösung diente. Je ein Pol wurde mit dem Sulfat I bedeckt, während für den anderen, jedesmal besonders, eine kleine Menge von dem Sulfat IV längere Zeit hindurch feingerieben wurde. Die Sulfate zeigten dann nach zwei Tagen folgende Unterschiede:

Element 1: $\text{I} - \text{IV} = +1{,}1 \cdot 10^{-4}$ Volt,
„ 2: $\text{I} - \text{IV} = +2{,}4$ „ „ .

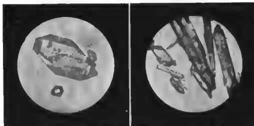
Die ursprüngliche Differenz von 0,5 Millivolt war durch diese Behandlung zwar nicht ganz verschwunden, aber, wie nicht anders zu erwarten, doch erheblich kleiner geworden. Beide Elemente wurden etwa einen Monat lang beobachtet, ohne daß eine Änderung wahrgenommen wurde. Zwar müssen in einem Bodenkörper, der aus Kristallen von verschiedener Korngröße besteht, die größeren Kristalle auf Kosten der kleineren wachsen, doch ist aus der Konstanz der E.M.K. zu schließen, daß von diesem Vorgang nach einem Monat noch nichts zu bemerken ist.

4. Durch abwechselnde Erwärmung und Abkühlung könnte man diesen Vorgang vielleicht beschleunigen, indem dadurch das Umkristallisieren befördert wird. Doch

[1]) Hulett, *Zeitschr. f. phys. Chem.* **37.** *S. 385. 1901.*

haben in dieser Richtung angestellte Versuche bisher noch zu keinem sicheren Ergebnis geführt.

5. Anstatt die kleinen Kristalle in große zu verwandeln, kann man auch darauf ausgehen, bei der Fällung soglcich große Kristalle zu erzielen. Dies ist auf folgende Weise gelungen. Läßt man eine der beiden zur Fällung verwendeten Lösungen tropfenweise in die auf 80° bis 100° erwärmte andere Lösung laufen, so bilden sich anfangs kleine Kristalle, die aber bei der dauernd herrschenden geringen Übersättigung an Merkurosulfat weiter wachsen und z. T. eine Länge von 2 bis 5 *mm* erreichen. In dem so dargestellten Sulfat finden sich Kristalle der allerverschiedensten Größe, (siehe Fig. 3 und 4 nach der photographischen Aufnahme in 90-facher Vergrößerung) und man muß, um die vorherrschende Wirkung der ganz kleinen zu vermeiden, dieselben durch häufig wiederholtes Abschlämmen entfernen. *So gelang es, mehrere Präparate zu erzielen, die einander nahe gleich waren, dagegen eine um 0,7 bis 0,8 Millivolt niedrigere E.M.K. als Sulfat I besaßen.*


Fig. 3. Fig. 4.

6. Eine Probe eines dieser letzteren Präparate wurde in einer Achatschale längere Zeit feingerieben und nun ein Element aus dem groben und feinen Sulfat hergestellt. Dies zeigte, sobald es konstant geworden war, einen Unterschied

$$\text{fein} - \text{grob} = +6 \cdot 10^{-4} \text{ Volt.}$$

Dieser Unterschied bei einem bis auf die Verreibung ganz gleich behandelten Präparat beweist wohl zur Genüge, von wie großem Einflusse auch bei dem Merkurosulfat die Korngröße ist. Da der Unterschied längere Zeit konstant derselbe blieb, zeigt auch dieser Versuch, ebenso wie der entsprechende mit den Sulfaten I und IV, daß die feinen Körner in längerer Zeit nicht von selbst zugunsten der größeren verschwinden, was in hinreichend langer Zeit jedenfalls erfolgen muß.

Nach alledem muß es als sehr wahrscheinlich angesehen werden, daß zum mindesten ein sehr erheblicher Teil, wenn nicht sogar der ganze Unterschied zwischen Merkurosulfaten verschiedener Herkunft von Verschiedenheiten in der Korngröße herrührt.

Von den übrigen über diesen Gegenstand aufgestellten Hypothesen bleibt nach eingehender Prüfung ihrer Berechtigung nur noch die Frage nach möglicherweise vorhandenen Verunreinigungen in Form von isomorphen Beimengungen oder von festen Lösungen übrig[1]). Die Untersuchung über diesen Gegenstand ist noch nicht abgeschlossen, doch hat es den Anschein, als ob derartige Verunreinigungen nicht auftreten. Hierüber sowie über die Widerlegung einiger anderer Hypothesen soll später eingehend berichtet werden. An dieser Stelle will ich nur bemerken, daß die von Hulett[2]) in einer längeren Abhandlung aufgestellte und näher untersuchte Behaup-

[1]) Es ist zu beachten, daß Verringerung der Korngröße die Löslichkeit und damit die E.M.K. erhöht, Verunreinigungen der obigen Art sie dagegen erniedrigen.

[2]) Hulett, *Zeitschr. f. phys. Chem.* **49.** *S. 483. 1904.*

tung, daß die gefundenen Unterschiede der Merkurosulfate allein von einer größeren oder kleineren Menge anwesenden basischen Salzes herrühren, nicht haltbar ist. Die Konzentration einer gesättigten Lösung zweier Salze, die überdies in einem Abhängigkeitsverhältnis voneinander stehen, kann nicht von der absoluten Menge festen Bodenkörpers abhängen, wie es dann doch der Fall sein müßte. Zudem hat Hulett selbst sowie auch der Verf. folgenden Versuch angestellt, der die Unhaltbarkeit der Hulettschen Hypothese beweist. Schüttelt man festes Merkurosulfat mit oft erneuertem reinen Wasser und mißt die Leitfähigkeit jedesmal nach erreichter Sättigung, so findet man immer den gleichen Wert, bis dann plötzlich, sobald nämlich alles normale Salz in basisches verwandelt ist, die Leitfähigkeit der Lösung auf etwa den sechsten Teil sinkt. Trotz wechselnder Mengenverhältnisse bleibt also die Konzentration der Lösung und damit auch ihre elektromotorische Wirksamkeit doch stets die gleiche, solange noch unzersetztes Salz vorhanden ist.

Zuletzt möchte ich noch kurz auf die elektrolytische Darstellung des Merkurosulfats eingehen, welche in Amerika fast gleichzeitig von Hulett[1]) und Fr. A. Wolff[2]) ausgearbeitet und als beste Darstellungsmethode zur Erzielung eines gleichmäßigen Präparats empfohlen wurde. Von Carhart wurden darauf neue Vorschriften zur Zusammensetzung des Kadmiumelements aufgestellt, welche diese Darstellungsweise des Merkurosulfats benutzten. Daß man nach dieser Vorschrift nicht stets ein Präparat von gleicher Korngröße erhält, ist von vornherein wahrscheinlich. Zudem habe ich mich durch eigene Versuche davon überzeugt, daß man auf diesem Wege bald außerordentlich kleine, bald größere Kristalle erhält. Die Anweisung von Hulett, daß man bei der elektrolytischen Darstellung nach Unterbrechung des Stromes den Rührer noch einige Zeit laufen lassen solle, damit das Präparat großkörnig werde, kann schwerlich zu diesem Ziele führen, denn bei diesem Salze erfolgt das Umkristallisieren so langsam, daß es mit Sicherheit noch nicht festgestellt werden konnte. Inwieweit die Präparate beider Beobachter übereinstimmende Werte der elektromotorischen Kraft ergeben, ist mir nicht bekannt.

Referate.

Elektrisches Pendel mit freier Hemmung.

Von Ch. Féry. *Compt. rend.* **140.** *S. 262. 1905.*

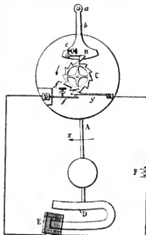
Die aus der Figur ersichtliche Einrichtung soll während des Hin- und Herganges eines Pendels eine Drehung des Steigrades um einen Zahn bewirken. Der nach Art eines Ankers mit dem Pendel verbundene, um die Achse *a* drehbare Backen *b* bewegt bei jeder Schwingung nach links mittels der Sperrklinke *B* das Steigrad *C* um einen Zahn weiter, worauf durch eine auf der Feder *g* sitzende Nase das Steigrad in dieser Stellung festgehalten wird, wenn die Sperrklinke *B* das Steigrad losgelassen hat. Der Eingriff von *B* in die Zähne des Steigrades läßt sich durch die Schraube *e*, wie aus der Figur zu erkennen ist, regulieren. Beim Rückgang des Pendels nach rechts gleitet die Sperrklinke *B*, indem ihr Arm sich etwas hebt, über den Zahn des Steigrades, welchen sie bei der nächsten Schwingung nach links erfaßt, ohne Schwierigkeit hinweg. So oft aber das Steigrad sich um einen Zahn weiter dreht, wird

[1]) Vgl. z. B. Carhart und Hulett, *Trans. of the Amer. Electrochem. Soc.* **5.** *S. 59. 1904; Committee on the Cadmium cell, Chem. News* **90.** *S. 225. 1904;* Hulett, *Zeitschr. f. phys. Chem.* **49.** *S. 483. 1904.*

[2]) Fr. A. Wolff, *Trans. of the Amer. Electrochem. Soc.* **5.** *S. 49. 1904.*

die Feder g auf die durch die Schraube f' regulierbare Feder f gedrückt und schließt dadurch auf einen Moment den von der Stromquelle F erzeugten Strom. Bei Stromschluß übt die Drahtspule E auf den am unteren Ende des Pendels A angebrachten, mit einem Schenkel in die Drahtspule tauchenden Hufeisenmagneten D eine Anziehung aus.

Findet der Stromschluß im Moment des Durchgangs des Pendels durch seine vertikale Lage statt, so hat der Impuls keinen Einfluß auf den Gang der Uhr; durch die bei der kurz zuvor stattfindenden Auslösung vom Pendel aufgewandte Arbeit wird aber der Gang etwas verzögert. Findet dagegen die Auslösung im Moment des Durchgangs des Pendels durch die vertikale Lage statt, so wird durch den kurz darauf erfolgenden Impuls eine Gangverzögerung hervorgerufen, denn das Pendel geht nach dem Impuls so weiter, als hätte es die zwischen seiner tiefsten Lage bis dahin durchlaufene Strecke mit größerer als der tatsächlichen Geschwindigkeit durchlaufen.



Verf. fand nun im vorliegenden Fall die schon früher von ihm bei einer anderen Uhr, wo der Antrieb ebenfalls erst nach dem Durchgang des Pendels durch die Vertikallage erfolgte, beobachtete Erscheinung bestätigt, daß der Gang der Uhr sich nicht fortgesetzt verlangsamte, wenn der Schwingungsbogen vergrößert wurde, wie das der Theorie nach bei einem *frei* schwingenden Pendel der Fall ist, sondern daß es für das *nicht frei* schwingende Pendel eine Amplitude gibt, wo sowohl eine Vergrößerung wie eine Verkleinerung derselben eine Verlangsamung des Ganges hervorruft. Für diese Amplitude, bei welcher der Gang der Uhr der rascheste ist und demnach, wenn man ihn graphisch darstellen wollte, einen Scheitelpunkt besitzt, machen kleine Änderungen derselben am wenigsten aus, und sie wird daher vom Verf. als die geeignetste Amplitude für astronomische Uhren empfohlen. Auch bei Chronometern habe man die Erfahrung gemacht, daß bei einer gewissen Schwingungsamplitude der Unruhe der Gang der rascheste sei.

Das vom Verf. zur Stromerzeugung benutzte Element besaß eine elektromotorische Kraft von 1,09 Volt. Durch die Annäherung des Magneten an die Drahtspule wurde aber eine Gegenspannung von 0,75 Volt erzeugt, sodaß das Element nur sehr langsam verbraucht wurde.

Bei einem Halbsekundenpendel, welches durch ein Element von konstanter elektromotorischer Kraft in Gang erhalten wurde, hielten sich die Schwankungen des täglichen Ganges innerhalb 0,3 Sekunden. *Kn.*

Über die Krümmungsveränderungen der Gläser mancher Libellen unter dem Einfluß der Temperaturänderung.

Von G. Bigourdan. *Compt. rend.* ***137.*** *S. 385. 1903.*

Die Bestimmung der Neigung der Kippachse eines Durchgangsinstruments oder eines Meridiankreises mit Hülfe der Libelle ist der Anwendung des Nadirhorizonts nach Ansicht des Verf. deshalb vorzuziehen, weil im zweiten Fall die Fernrohrzielllinie eine ganz andre Richtung hat (vertikal abwärts) als die, in der sie gebraucht wird (unter beliebigen Höhenwinkeln nach Gestirnen). Der Teilwert n einer guten Libelle zeigt sich nun zwar im allgemeinen zu einer bestimmten Zeit für einen an verschiedenen Stellen gelegenen Strich der Teilung recht konstant, aber zu verschiedenen Zeiten verschieden, nämlich vor allem abhängig von der Temperatur, deren Einwirkung ziemlich kompliziert ist. Jedenfalls lassen sich folgende Wirkungen feststellen: starke Veränderungen des Volums der Füllflüssigkeit (und damit der Dampfspannung in der Blase), damit also auch starke Veränderungen der Blasenlänge, sodaß bekanntlich die Libelle ein ziemlich empfindliches Thermometer vorstellt;

viel geringere Veränderungen der Metallfassung durch die Wärme, wobei jedoch diese Veränderungen solche der Form des Libellenglases und damit des Teilwerts zur Folge haben können. Bei den meisten Libellen zeigt sich aber, daß ihr Teilwert mit der Temperatur sich wenig verändert, sodaß es schwierig ist, den Einfluß der verschiedenen Temperaturänderungen der einzelnen Teile der Libelle zu trennen.

Alles dies ist bekannt; der Verf. berichtet nun von einer bestimmten Libelle, bei der er den Nachweis führen konnte, daß die starke Veränderung des Teilwerts mit der Temperatur von der Einwirkung der Metallfassung auf das Libellenglas herrührte. Die Libelle zeigte bei den Temperaturen $+1^{0}$ und $+23^{0}$ die Teilwerte $\alpha = 1{,}09''$ und $\alpha = 0{,}52''$ (wohl für eine 1 *mm*-Skale auf der Libelle; man sollte stets die Länge b eines Teils der Libellenskale oder besser den der Länge b und dem Teilwert α entsprechenden Krümmungshalbmesser der Libelle angeben); für zwischenliegende Temperaturen ergab sich eine ziemlich der Temperatur folgende Änderung von α. Ein Jahr später zeigte sich an der ganz unverändert gelassenen Libelle bei der Temperatur $+27{,}4^{0}$ der Wert $\alpha = 0{,}38''$, bei der sodann aus der Metallfassung genommenen Libelle aber, und zwar unmittelbar nachher, bei *derselben* Temperatur, $\alpha = 1{,}25''$, also 3,3-mal so viel. Dabei waren ferner noch bei den Bestimmungen von α dieselben Stellen der Teilung verwendet worden, sodaß die sonst übliche Erklärung der Veränderung durch *Ungleichheit* der Krümmung an *verschiedenen* Stellen, durch den Einfluß verschiedener Blasenlängen u. s. f. nicht zulässig ist. Die Libelle war mit Hülfe von Gips mit dem Messingrohr sehr fest verbunden; die Wärmeausdehnung des Messings ist aber doppelt so groß als die des Glases. Der Verf. schließt damit, daß er dieses feste Eingipsen des Glasrohrs in ein Messingrohr ganz verwirft; es werde aber, besonders außerhalb Frankreichs, noch ziemlich häufig angewandt. In Deutschland wird, wie der Ref. hinzufügen zu dürfen glaubt, jedenfalls überall große Sorgfalt darauf verwendet, daß auf die Gläser feiner Libellen keine schädliche Spannung von der Fassung her übertragen werden kann, wenn man auch aus andern Gründen gerade für feine Libellen nicht zu der völligen Freilegung des Libellenglases greifen kann, die Ertel in München viel an geodätischen Instrumenten gebrauchte. Immerhin ist die Anregung Bigourdans zu begrüßen, als Metall der Libellenfassung Nickelstahl statt Messing zu wählen, mit einem Wärmeausdehnungskoeffizienten, der dem des Glases nahe liegt.

Der Ref. darf vielleicht noch die Bitte aussprechen, es möchten allenfallsige Beobachtungen für oder gegen die Petreliussche Hypothese der starken Abhängigkeit des Teilwerts der Libellen vom Barometerstand hier mitgeteilt werden; über die Beobachtungen von Petrelius ist s. Z. hier berichtet worden (*diese Zeitschr.* **22.** *S. 124. 1902*).

Hammer.

Das Hauptnivellement der Stadt Leipzig.

Von Ferber. *Zeitschr. f. Vermess.* **33.** *S. 425. 454. 481, 545. 1904.*

Der Verf. gibt eine eingehende Darstellung der Messungsmethoden und Genauigkeitsergebnisse des städtischen Hauptnivellementsnetzes von Leipzig, dessen Ausführung im Frühjahr 1901 beschlossen wurde; es erstreckt sich außer über das Stadtgebiet über 35 Ortschaften und Fluren und enthält, neben 14 gegebenen Punkten (an die Anschlußzwang hergestellt wurde; 6 Punkte der preußischen Landesaufnahme, 7 des sächsischen Landesnivellements, 1 des geodätischen Instituts) 53 Knotenpunkte an 105 Hauptlinien, deren Länge zwischen 190 und 6770 *m* schwankt. Die Gesamtlänge der Hauptlinie ist 198 *km*, die Durchschnittslänge also 1890 *m*. Die 39 geschlossenen Schleifen haben durchschnittlich 8,4 *km* Umfang. An den Hauptlinien sind 444 Festpunkte neu bestimmt worden, durch horizontal und vertikal eingelassene Höhenbolzen bezeichnet.

Das *Nivellierinstrument* war eines von Hildebrand (Freiberg) mit Lagerring-Fernrohr, mit dem die (einfache, nicht zum Wenden eingerichtete) Libelle fest verbunden ist; Objektivbrennweite 39 *cm*, Öffnung 36 *mm*, Vergrößerung 40-fach; Empfindlichkeit der Libelle 6,8″; Ablesung der Libelle mit der Augenstellung vor dem Fernrohrokular, in einem seitlich angebrachten, in Kugellager beliebig drehbaren Spiegel. Das Instrument hat eine horizontale

(Kipp-) Achse und Feinkippschraube mit $^1/_4$ *mm* Ganghöhe, sodaß, bei 120 *mm* Abstand zwischen Schraube und Kippachse, *eine* Schraubenumdrehung die Fernrohrneigung um 430″ ändert ($^1/_{43}$ einer Schraubenumdrehung = 2 *mm* am Schraubenkopf von 40 *mm* Durchmesser entspricht einem Libellenteil). Das Instrument wurde auf Stativen mit Gußeisenplatten befestigt. Die zwei etwas über 3 *m* langen Latten von Wolz in Bonn waren Wendelatten mit halbdezimeterweise abwechselnder schwarzweißer und rotweißer *cm*-Feldteilung, wobei jedoch stets das weiße *cm* noch durch $^1/_3$ *mm* starke schwarze Striche in $^1/_2$ *cm* zerlegt war. Zur Feststellung der Lattenlänge dienten je 4 Messing-Silberplättchen mit feinen Strichkreuzen an den Stellen 7, 107, 207, 307 *cm*, *neben* der Teilung und zwischen den Zahlen, sodaß beide nicht stören. Trotz der kleinen zu bestimmenden Höhenunterschiede ist *tägliche* Lattenvergleichung (mit Hülfe eines Anlege-Strichstahlmeters) beibehalten worden, stets etwa in der Mitte der Messungszeiten ausgeführt und je etwa 10 Minuten in Anspruch nehmend. Die Ergebnisse der Vergleichung an den 125 Messungstagen sind von Interesse; es fand sich

	Max.-Wert des Lattenmeters	Min.-Wert des Lattenmeters	Mittel aus den 125 Vergleichungen
für Latte I	1,000 31 *m*	1,000 19 *m*	1,000 26 *m*
„ „ II	1,000 25 *m*	1,000 16 *m*	1,000 20 *m*.

Die Lattenveränderlichkeit war also auffallend *gering*; ein Höhenunterschied von 10 *m* würde, falls das Lattenmeter im Verlauf der Messung dieser Höhendifferenz von den angegebenen größten zu den kleinsten Werten abgenommen hätte, aber nur das eine dieser beiden Lattenextreme in Rechnung genommen worden wäre, dadurch nur um 1 *mm* falsch werden. Da der Höhenunterschied zwischen dem tiefsten und dem höchsten der eingewogenen Punkte 50 *m* beträgt, so hätte aber immerhin die Vernachlässigung auch der *durchschnittlichen* Abweichung des Lattenmeters von seinem Sollwert, 0,23 *mm* für das Mittel beider Latten, in diesem größten Höhenunterschied einen Fehler von 12 *mm* zur Folge.

Die Skalen der Vor- und Rückseite jeder Latte sind um unrunde Konstanten C_1 und C_2 gegen einander verschoben, wobei auch C_1 und C_2 absichtlich nicht gleich gewählt sind.

Beim Nivellieren war die normale Zielweite 50 *m*; die gleiche Zielweite vor- und rückwärts wurde so genau festgehalten, daß jedenfalls, auch bei kürzerer Zielweite, keine Verschiebung des Okularrohrs notwendig war. Durch die zwei Nivellements (hin und zurück) auf jeder Hauptlinie sind auf einer solchen im ganzen, mit Rücksicht auf die Wendelatten, eigentlich vier Nivellierungen vorhanden, von denen allerdings nur zwei ganz unabhängig voneinander sind.

In der Diskussion der Messungen ermittelt der Verf. aus den beiden Ablesungen bei jeder Zielung an der Wendelatte als

m. F. einer Ablesung auf 50 *m* Zielweite $\pm 0{,}33$ *mm*,

einem Zielfehler von 1,35″ entsprechend. Damit sollte sich also, da bei Rück- und Vorblick je zweimal (Vorder- und Rückseite) nach der Latte gezielt ist, als m. F. für das *einmalige 1 km-Nivellement* ergeben

$$\frac{1{,}35}{\sqrt{2}\cdot 206\,265}\cdot\sqrt{50\,000}\ m \quad \text{oder} \quad \pm 1{,}03\ mm.$$

Der wirkliche mittlere Kilometerfehler ist aber, wie immer, wesentlich größer gefunden worden, nämlich z. B. aus 39 Polygonschlußfehlern zu $\pm 1{,}58$ *mm*, ein Beweis, daß, von weitern Fehlerquellen abgesehen, auch die Annahme der $\sqrt{2}$-maligen Verringerung des Fehlers durch Ablesung auf beiden Lattenseiten nicht zutrifft. Ferner ergab sich aus der Vergleichung der Doppelmessungen (Beobachtungsdifferenzen der zwei Nivellierungen derselben Strecke) *vor* der Ausgleichung

bei 498 (kurzen) Strecken, durchschnittlich 0,40 *km* lang, $m = \pm 1{,}84$ *mm*
„ 105 (langen) Linien, „ 1,89 „ „ $m = \pm 1{,}60$ „

und *nach* der Ausgleichung (Netzausgleichung mit Zwangsanschlüssen an die gegebenen Punkte) $m = \pm 2{,}09$ *mm*. Alle die angegebenen Zahlen beziehen sich auf *einmaliges* Nivellement

der Strecke von 1 *km*, sind also mit 1,41 zu dividieren, um die wirklichen mittleren Kilometerfehler (für das doppelte Nivellement) zu erhalten. Das *Verhältnis*: Fehler aus der Netzausgleichung zum Fehler aus den Liniendifferenzen ist wie 2,09 : 1,60 oder gleich 1,3 : 1; in diesem Verhältnis hat also die Netzausgleichung mit Anschlußzwang Fehler über die reinen Messungsfehler hinaus zutage gefördert.

Mit Rücksicht auf die mittlern Fehler sowohl als auf den Zeit- und Geldaufwand darf die ganze Arbeit als durchaus zweckentsprechend bezeichnet werden. *Hammer.*

Parameter-Tafel zur Bestimmung von $s = \sqrt{a^2 + o^2} = a + p$.

Berechnet und konstruiert von A. Schleussinger.

Der Verf. bietet in dieser graphischen Tafel ein recht bequemes Hülfsmittel zu der so oft vorkommenden Rechnung der Hypotenuse eines ebenen rechtwinkligen Dreiecks aus den Katheten, das in vielen Fällen zur endgültigen Rechnung, in andern zur flüchtigen Kontrollrechnung willkommen ist. Die Tafel gibt, wie die Formel in der Überschrift andeutet, mit den Argumenten a und o den *Zuschlag* p, der an a zu machen ist, um $\sqrt{a^2 + o^2}$ zu erhalten. Selbstverständlich sind auch alle andern Seitenberechnungen im ebenen rechtwinkligen Dreieck und damit zusammenhängenden Aufgaben mit der Tafel zu lösen (z. B. Auflösung quadratischer Gleichungen u. s. w.); vgl. darüber *Zeitschr. f. Vermess.* **29.** *S. 561. 1900; Allgem. Vermess.-Nachr.* **13.** *S. 71. 1901;* **16.** *S. 366. 1904.*

Die Genauigkeit des Koordinatennetzes und der Parabelschar (jenes ist gleichförmig eingeteilt und diese also nicht nach Lalanne anamorphisiert) ist gut, sodaß das Nomogramm recht befriedigende Schärfe der Ablesung gibt; ich führe hier einige wenige Ablesungen für p an (Zuschläge zur größern der Katheten b, c, um die Hypotenuse a zu erhalten): $b = c = 60$, $p = 24{,}8$, also $a = 84{,}8$; in den folgenden Beispielen haben die Zahlen dieselbe Bedeutung: 50, 30, $p = 8{,}3$, $a = 58{,}3$; 55,5, 25,5, $p = 5{,}5_5$, $a = 61{,}0_5$; 27,8, 68,7, $p = 5{,}4$, $a = 74{,}1$. Die schärfern Zahlen, mit der Quadrattafel in der Gaußschen 5-stelligen Logarithmentafel gerechnet, lauten für diese Beispiele 84,85, 58,31, 61,07, 74,11.

Die Tafel ist in vier bequem in der Tasche unterzubringende Stücke von $12\frac{1}{2} \times 12\frac{1}{2}$ *cm* geschnitten. Sie ist, wie oben angedeutet, schon vor mehreren Jahren erschienen; ich führe sie hier an, weil neuerdings der Preis stark herabgesetzt worden ist: sie ist von Bezirksgeometer Schleussinger in Dinkelsbühl, Bayern, postfrei für 50 Pf. zu beziehen.

Hammer.

Eine neue Form des Registrierpyrometers.

Von N. S. Kurnakow. *Zeitschr. f. angew. Chem.* **42.** *S. 184. 1904.*

Zur photographischen Registrierung magnetischer Beobachtungen hat Eschenhagen einen von der Firma Otto Toepfer & Sohn, Potsdam, ausgeführten Apparat konstruiert, der, zweckentsprechend abgeändert, dem Verf. zur Aufzeichnung der Ausschläge eines Spiegelgalvanometers diente.

Der Apparat in der vorliegenden Ausführungsform enthält ein Uhrwerk, durch das eine horizontal gelagerte Trommel mit (nach Wahl) verschiedener Geschwindigkeit in Umdrehung versetzt wird. Die Trommel trägt das lichtempfindliche Papier. Die von einer seitlich angebrachten Lichtquelle ausgesandten Strahlen gehen durch eine vor dem Galvanometerspiegel befindliche Sammellinse, werden von dem Spiegel reflektiert und treffen eine vor der Trommel und parallel zur Achse derselben befestigte Zylinderlinse, durch welche sie in einem Punkt des lichtempfindlichen Papiers vereinigt werden. Zur gleichzeitigen direkten Beobachtung der Galvanometerausschläge befindet sich parallel zur Trommelachse und unter dem Kasten befestigt, welcher das Registrierinstrument enthält, eine Milchglasskale, die von hinten durch rote Glühlampen beleuchtet wird. Die ganze Anordnung einschließlich des (d'Arsonval-) Galvanometers ist in einem Dunkelzimmer neben dem Pyrometerraum untergebracht; durch ein Loch in der Zwischenwand kann man in das Okular des Beobachtungsfernrohrs blicken und den Galvanometerausschlag verfolgen.

Das der Abhandlung beigefügte Diagramm der Erstarrungskurven einiger Metalle gibt den bekannten Verlauf dieser Erscheinungen. Die Ergebnisse der Messungen, mit dem Thermoelement von Le Chatelier angestellt, werden nicht mitgeteilt, können aber kaum Anspruch an Genauigkeit machen, da erstens die vom Verf. benutzte Kompensationsmethode recht primitiv ist, und zweitens für das spezielle von ihm benutzte Thermoelement die von Holborn und Wien für ihr Element ermittelten Zahlen aus dem Jahre 1894 zugrunde gelegt werden. Es ist bekannt, daß nicht nur diese Temperaturskale durch eine mit größerer Genauigkeit von Holborn und Day i. J. 1900 ermittelte ersetzt ist, sondern daß auch die elektromotorische Kraft der Thermoelemente, welche jetzt im Gebrauch sind, von den vor 10 Jahren hergestellten wesentlich abweichen kann.

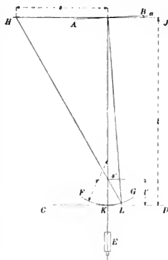
Seitdem es der Firma Siemens & Halske gelungen ist, ein empfindliches Millivoltmeter mit direkt zeichnender Registrierung anzufertigen, dürfte dieses Instrument der photographischen Methode in den meisten Fällen weitaus vorzuziehen sein. Die photographische Registrierung wird besser auf diejenigen Beobachtungen zu beschränken sein, in denen es auf die äußerste Genauigkeit der Messungen ankommt; sie muß dann aber Hand in Hand geben mit einer exakten Auswertung der elektromotorischen Kraft des Thermoelements und mit einer genauen Eichung desselben. *Rt.*

Eine Erweiterung der Poggendorffschen Spiegelablesungsmethode.

Von E. Preuß. *Elektrotechn. Zeitschr.* **26.** *S. 411. 1905.*

Diese Arbeit ist eine in physikalischer wie in mathematischer Hinsicht völlig verfehlte.

Die Spiegelablesungsmethode des Verf. soll auf Instrumente aller Art, bei denen es sich um Ablesung sehr kleiner Drehungswinkel handelt, anwendbar und besonders für sämtliche Nullmethoden sehr geeignet sein. Man erziele damit unter sonst gleichen Verhältnissen Ausschläge der Skale, die 30- bis 80-mal größer seien als die bisher mit der alten Methode erhaltenen. Bekanntlich befindet sich bei dieser im Abstande l (siehe die Figur) von dem sich drehenden Spiegel AB die Skale CD, welche mit dem Fernrohr E beobachtet wird, oder auf welcher der Lichtzeiger einer Lichtquelle bei E spielt. Der Verf. bringt nun an Stelle der Skale CD den Konkavspiegel FG (oder auch einen Konvexspiegel) von kleinem Krümmungsradius r an und versetzt die Skale nach HJ. Drehe sich dann der Spiegel AB um den Winkel α, so sehe man infolge Reflexion an den Spiegeln AB und FG auf der Skale HJ den großen Ausschlag s, während man nach der bisherigen Methode auf der Skale CD nur den kleinen Ausschlag KL erhalten würde.



Alsdann berechnet der Verf., ohne sich im geringsten um die Abbildungsgesetze für spiegelnde Kugelflächen zu kümmern, auf umständlichem Wege rein mathematisch unter Einführung mancher Vernachlässigungen die Ausschläge zu

$$s = 2l\left(\frac{l}{r} - 1\right)\operatorname{tg} 2\alpha \qquad \text{für den Konkavspiegel,}$$

$$s = 2l\left(\frac{l}{r} + 1\right)\operatorname{tg} 2\alpha \qquad \text{für den Konvexspiegel.}$$

Die außerordentliche Vergrößerung der Ausschläge gegenüber der Poggendorffschen Anordnung betrage also $2\left(\frac{l}{r} - 1\right)$ bezw. $2\left(\frac{l}{r} + 1\right)$. Wähle man daher z. B. $l = 200$ *cm*

und $r = 5$ *cm*, so erhalte man etwa 80-mal größere Ausschläge als mit der bisherigen E richtung. Hieran knüpft der Verf. langwierige Rechnungen, bei denen die Physik g ausgeschaltet wird, zum Zwecke des Nachweises, daß auch bei der neuen Methode Skalenausschläge dem Winkel α genügend proportional seien.

Wenn der Verf. nur einmal versucht hätte, seine Methode praktisch auszuführen, würde er sehr bald bemerkt haben, daß seine Vorschläge auf einem Irrtum beruhen. ganze Sache ist physikalisch betrachtet höchst einfach, wie folgt. Von der Skale HJ entw der Konkavspiegel FG ein reelles Bild, das man im Fernrohr beobachtet, und zwar se das Bild von s. Arbeitet man also das eine Mal nach der Methode des Verf., das and Mal nach der alten Methode, indem man am Orte von s' direkt eine Skale aufstellt, so erl man unter sonst gleichen Umständen, d. h. natürlich auch mit demselben Fernrohr, in bei Fällen im Gesichtsfelde des Fernrohrs genau gleich große Ausschläge. Das, was der V macht, erreicht man daher einfacher, wenn man in s' eine Skale mit entsprechend en Teilung aufstellt. Für Nullmethoden gilt natürlich das Gleiche, denn immer werden Fernrohr die Strecken s und s' einander gleich groß abgebildet.

Ähnliches gilt für den Konvexspiegel, der von s ein verkleinertes virtuelles Bild zeugt. Ebenso bringt das Arbeiten mit einem Lichtzeiger nach der Methode des Verf. ke Vorteile wegen der außerordentlichen Vergrößerung, die der Lichtstreifen erfährt. Di beträgt ja $(2\,l/r) - 1$ im Falle des Konkavspiegels und $(2\,l/r) + 1$ im Falle des Konvexspieg Die Behauptung des Verf., das Arbeiten mit einem Lichtzeiger sei bei einem Konkavspie nicht möglich, ist übrigens unrichtig.

Die beiden obigen Gleichungen, welche s als Funktion von α darstellen, ergeben si aus den Abbildungsgesetzen für Kugel- und Zylinderspiegel sehr einfach folgendermaß Bedeutet l' den Abstand des Bildes s' vom Spiegel FG, so gelten die Beziehungen

$$\frac{1}{l} + \frac{1}{l'} = \frac{2}{r} \qquad \text{und} \qquad s' : s = l' : l.$$

Die Gleichung für die Poggendorffsche Methode lautet

$$\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{s'}{l - l'}.$$

Demnach folgt

$$\frac{s}{\operatorname{tg} 2\alpha} = \frac{s}{s'}(l - l') = \frac{l}{l'}(l - l') = l\left(\frac{l}{l'} - 1\right) = l\left(\frac{2\,l}{r} - 1 - 1\right) = 2\,l\left(\frac{l}{r} - 1\right)$$

$$s = 2\,l\left(\frac{l}{r} - 1\right)\operatorname{tg} 2\alpha.$$

Ähnlich ergibt sich für den Konvexspiegel

$$s = 2\,l\left(\frac{l}{r} + 1\right)\operatorname{tg} 2\alpha;$$

und zwar gelten diese Gleichungen genau, soweit man überhaupt noch von Abbildun durch Kugelspiegel sprechen kann.

Die Poggendorffsche Methode der Winkelmessung mit Spiegel und Skale laut prinzipiell: man stelle im Abstande l von dem sich drehenden Spiegel eine Skale auf un benutze zur Beobachtung ein Fernrohr mit passender Vergrößerung, nämlich entsprechend und der Teilung der Skale. Nun kann es wohl einmal unter gewissen Umständen erforde lich werden, an Stelle der Skale das durch Linsen oder Kugelspiegel oder ebene Spieg erzeugte Bild einer Skale zu benutzen. Solche Anordnungen können dann aber durcha nicht etwa als Vervollkommnungen der Poggendorffschen Methode bezeichnet werde Also auch die richtig verstandene Methode des Verf. ist in keiner Hinsicht „eine Erweiterun der Poggendorffschen Spiegelablesungsmethode“.

So ungenießbar wie für den Physiker ist die Arbeit auch für den Mathematiker. Zu Beweise dafür mögen die folgenden kurzen Bemerkungen genügen. Selbst wenn man sic den Gedankengang des Verf. zu eigen macht, lassen sich die Resultate auf einfacheren Wege herleiten und in eleganterer, auch für die zahlenmäßige Berechnung geeigneter Formen bringen. Dabei hat der Verf. noch Fehler gemacht, hauptsächlich die folgenden.

Bei der Ableitung des Winkels $\gamma = 2\iota + 4\alpha$ als Funktion von α, l und r werden nicht zwei, sondern drei Vernachlässigungen gemacht. Neben $\operatorname{tg} 2\alpha = 2\alpha$ und $r(1-\cos\iota)$ verschwindend klein im Vergleich zu l wird auch $\sin\iota = \iota$ gesetzt, und zwar wird gerade durch diese letztere Vernachlässigung in dem durchgerechneten Beispiel der Unterschied zwischen γ angenähert gleich 41° und γ genau gleich 41° 55′ 44″ zum größten Teile verursacht.

Bei der Berechnung des Winkels φ ist nicht der angenäherte Wert $\iota = 20°$, sondern der genaue Wert $\iota = 20° 27{,}9'$ zu nehmen. Dann ergibt sich nicht $\varphi = 40° 55' 42''$ um 0,175 % kleiner als $\gamma = 41°$, sondern der Wert $\varphi = 41° 52{,}0'$, der also um 2,1 % größer als $\gamma = 41°$ ist.

Bei der Anwendung der kreisförmigen Skale beträgt entsprechend $\varphi = 40° 55' 42''$ der Skalenausschlag nicht etwa 1700 *mm*, wie angegeben, sondern nur 1429 *mm*. Seine richtige, dem wahren Werte von φ entsprechende Größe ergibt sich aber zu 1461 *mm*. *Schck.*

Die Perot-Fabryschen Korrektionen der Rowlandschen Wellenlängen.

Von L. Bell. *Astrophys. Journ.* **18.** *S. 191. 1903.*

In dieser Arbeit handelt es sich um die systematischen, mit der Wellenlänge sich regelmäßig ändernden Fehler, welche Rowland bei seinen relativen Wellenlängen-Messungen gemacht hat, wenn die Bestimmungen von Perot und Fabry richtig sind (vgl. das Referat in *dieser Zeitschr.* **25.** *S. 182. 1905*). Der Verf. kritisiert diese und hält es noch nicht für erwiesen, daß die Rowlandschen Wellenlängen außer den zufälligen Fehlern auch merkliche systematische Fehler enthalten. Er weist auf einige mögliche Fehlerquellen bei den Arbeiten von Perot und Fabry hin, Fehlerquellen, die allerdings noch einer genauen Untersuchung bedürfen. Den Versuch von Eberhard (*Astrophys. Journ.* **17.** *S. 141. 1903*), die Perot-Fabryschen Resultate aus den Wellenlängen-Messungen von Müller und Kempf zu bestätigen, hält der Verf. für verfehlt. *Schck.*

Über eine neue Anordnung bei der Verwendung von Interferenzmethoden in der Spektroskopie.

Von Ch. Fabry. *Compt. rend.* **140.** *S. 848. 1905.*

Wenn man das Spektrum eines leuchtenden Dampfes, z. B. dasjenige der Quecksilber-Bogenlampe, in seinen feinsten Einzelheiten studieren will, so reichen die gewöhnlichen Spektralapparate wie die Prismenspektroskope und die Beugungsgitter nicht mehr aus. Das höchste Auflösungsvermögen hat man neuerdings mit Hülfe von Interferenzstreifen erzielt. Die auf diesem Prinzip begründeten Spektralapparate existieren bisher in vier Typen: 1. das Interferometer von Michelson; 2. das Stufengitter von Michelson; 3. das Interferometer von Perot und Fabry; 4. das Interferenzspektroskop von Lummer und Gehrcke.

Der an dritter Stelle genannte Apparat (vgl. das Referat in *dieser Zeitschr.* **21.** *S. 237. 1901*), dessen sich der Verf. vorliegender Mitteilung bedient, hatte in seiner bisherigen Ausführung einen Nachteil, den er zwar mit den Apparaten von Michelson teilt, der aber dem Interferenzspektroskop von Lummer und Gehrcke (vgl. *diese Zeitschr.* **22.** *S. 121. 1902;* **23.** *S. 123. 1903*) nicht anhaftet. Während man nämlich in dem letzteren Apparat gleichzeitig mehrere, prismatisch trennbare Spektrallinien *getrennt* beobachten und photographieren kann, war dies bei den andern Apparaten nicht der Fall, da die von verschiedenen Linien gebildeten Interferenzphänomene hier aufeinander fielen.

Der Verf. beschreibt nun ein einfaches Verfahren, mittels dessen er den genannten Übelstand vermeidet. Er bildet nämlich die im Perot-Fabryschen Interferometer auftretenden Interferenzringe durch eine Linse auf den Spalt eines Prismenspektroskops ab. Bei Anwendung einer Eisendampf enthaltenden elektrischen Bogenlampe liegen dann z. B. die von den sehr zahlreichen Eisenlinien gebildeten Interferenzringe auf der Spaltfläche des Spektroskops und bilden dort eine Überlagerung von sehr vielen, konzentrischen Interferenzringen. Sieht man jetzt aber durch das Prismenspektroskop, so wird die Erscheinung zum Eisen-

spektrum ausgebreitet, und es ist jedes farbige Spaltbild im Gesichtsfeld, d. h. jede Eisen-*Linie*, von Interferenzstreifen durchzogen, welche aus den durch den Spalt herausgeblendeten Stücken der Interferenzringe bestehen.

Am Schluß der Mitteilung macht der Vorf. noch Vorschläge über die Verwendbarkeit der Methode zum Studium ultravioletter Strahlen. Auch auf kontinuierliche Spektra mit feinen Absorptionslinien (wie z. B. das Sonnenspektrum) ist die Methode anwendbar.

E. Gehrcke.

Über neuere Methoden zur Registrierung der Ionenführung in der Atmosphäre.

Nach P. Langevin und M. Moulin. *Compt. rend.* **140.** *S. 305. 1905;*
Ch. Nordmann. *Compt. rend.* **138.** *S. 1418 u. 1596. 1904;* **140.** *S. 430. 1905.*

Mehr und mehr hat sich in den letzten Jahren die Überzeugung Bahn gebrochen, daß das zuerst von Elster und Geitel nachgewiesene permanente Vorhandensein einer größeren oder geringeren Anzahl frei beweglicher, elektrisch geladener Bestandteile, sog. „*Gasionen*"[1]), in der Luft sowohl in allgemein geophysikalischer wie speziell in meteorologischer und geomagnetischer Beziehung von höchster Bedeutung ist. Es darf daher nicht wundernehmen, daß von den verschiedensten Seiten Versuche gemacht werden, diesem wichtigen, unserer Erkenntnis fast eben erst erschlossenen Elemente auch in quantitativer Hinsicht beizukommen. Für eine erste qualitative Orientierung leistet noch immer der von Elster und Geitel konstruierte Zerstreuungsapparat, der sich vor allem auch durch seine Einfachheit, leichte Handbarkeit und große Transportfähigkeit auszeichnet, unschätzbare Dienste, wenn auch nicht ohne weiteres die Angaben dieses Apparates in Beziehung gebracht werden können mit den Faktoren, welche die Leitfähigkeit durch Gasionen eigentlich bestimmen; denn die Geschwindigkeit, mit welcher ein gut isolierter, elektrisch geladener Körper, der Zerstreuungskörper, seine Ladung verliert, hängt sowohl von der Ionenführung selbst wie von der Beweglichkeit der Ionen ab; auf Grund von Zerstreuungsmessungen allein vermag man beide Faktoren noch nicht zu trennen. Außerdem ist es vor allem von Wichtigkeit, die luftelektrischen Elemente in absolutem Maße zu kennen. Hierbei kommt in erster Linie die Elektrizitäts-*Menge* von bestimmtem Vorzeichen in Betracht, welche in der Raumeinheit der Atmosphäre an einem bestimmten Orte zu einer bestimmten Zeit in Form von Ionenladungen vorhanden ist. Um diese fundamentale Größe in elektrostatischen Einheiten zu messen, verwendet man jetzt durchgängig ein Prinzip, welches Ref. schon 1901 in die luftelektrische Meßtechnik eingeführt hat[2]). Mittels eines Aspirators wird ein nach der Fördermenge genau zu bestimmendes Luftvolumen zwischen den Belägen eines Zylinderkondensators hindurchgesaugt; die Ionen werden aus ihm durch ein hinreichend starkes elektrisches Spannungsfeld, welches zwischen den beiden Belägen hergestellt wird, herausgenommen; man bestimmt die Kapazität der Zylinderanordnung und kann dann aus der abgegebenen Ladungsmenge auf *die durch die Ionen mitgeführten Elektrizitätsmengen* direkt schließen. Da sich gezeigt hat, daß jedes Ion immer eine ganz bestimmte Ladung mit sich führt, so kann man aus der beobachteten Elektrizitätsmenge auch sofort die *Zahl der Ionen in der Volumeneinheit*, also die spezifische Ionenmenge oder die *Ionendichte* berechnen.

Ref. hat nach diesem Prinzip zunächst möglichst leicht transportable „Ionenzähler" konstruiert und dabei den Innenzylinder geladen, den äußeren (Schutzzylinder) geerdet und sich als spannungsmessenden Hülfsmittels des Exner-Elster-Geitelschen Elektroskopes bedient. Bei Stationsbeobachtungen, bei denen man dem Apparate einen festen Standort anweisen kann, und falls man über eine Hülfsbatterie verfügt, empfiehlt sich der umgekehrte Weg mehr: den äußeren Zylinder dauernd auf einem genügend hohen Potential zu erhalten und die Elektrizitätsmenge, welche von dem Felde auf den inneren, möglichst gut isolierten

[1]) Zweckmäßig wird wohl diese Bezeichnung beibehalten, welche die atmosphärischen Ionen von denen der Elektrolyse einerseits, andererseits von den Elektronen an sich unterscheidet, mit denen sie nicht ohne weiteres identifiziert werden können.

[2]) H. Ebert, *Physik. Zeitschr.* **2.** *S. 662. 1901;* Referat in *dieser Zeitschr.* **22.** *S. 379. 1902.*

Zylinder übertragen wird, zu messen; hierzu verwendet man dann zweckmäßig ein Quadrantenelektrometer[1]), auf dessen möglichst gute Isolation dann freilich sehr viel aukommt. Man wendet am besten „Quadrantschaltung" an, d. h. verbindet den Innenzylinder mit dem einen Quadrantenpaare, während das andere dauernd geerdet bleibt, und lädt die Nadel mittels der Hülfsbatterie. Während die Außenluft aspiriert wird, die Ionen also in das Feld gezogen werden, bleibt der Innenzylinder zunächst gleichfalls geerdet. Hebt man dann die Erdung auf, so lädt sich das System, die Elektrometernadel wandert. Ist das Instrument gut gedämpft, so wird der in einer bestimmten Zeit erreichte Ausschlag ein Maß für die in dieser Zeit eingefangene Menge Ionen sein, wenn das Feld so stark ist, daß alle Ionen des betreffenden Vorzeichens auf den Innenzylinder niedergeschlagen werden, und kein Ion vorbeischlüpft (wenn „Sättigungsstrom" besteht), wozu gewisse Apparatdimensionen einzuhalten sind. Aus der Fördermenge, der am Quadrantenelektrometer gemessenen Potentialerhöhung und der eigens zu bestimmenden Kapazität des geladenen Systems ergibt sich die gesuchte Größe. Für allseitigen und genügenden elektrostatischen Schutz ist natürlich auch hier Sorge zu tragen.

Dies ist die altbewährte und bei Arbeiten über Gasionen in den letzten Jahren überaus oft benutzte Methode, die zuerst unter den Händen von J. J. Thomson und seiner zahlreichen Schüler Licht über die eigentümlichen Verhältnisse bei der elektrischen Leitung durch Gase verbreitete. Für das Studium der atmosphärischen Ionisierung eignet sich diese Methode aber vor allem noch deshalb besonders gut, weil sie verhältnismäßig leicht eine fortlaufende Registrierung der Ionenführung gestattet.

Es soll hier nicht auf die schon seit längerer Zeit in Deutschland, namentlich in Potsdam[2]), im Gange befindlichen diesbezüglichen Versuche eingegangen werden, sondern es mögen an dieser Stelle zwei französische Konstruktionen besprochen werden, die Anfang dieses Jahres beschrieben wurden.

Die eine rührt von P. Langevin und M. Moulin her, welche Forscher seit geraumer Zeit die Ionenführung der Atmosphäre auf dem Gipfel des Eiffel-Turmes mit dem Ebertschen Aspirationsapparate verfolgen. Die Neukonstruktion hat zunächst am *Collège de France* funktioniert, wo es dem Berichterstatter zu Ostern vergönnt war, sie zu sehen und an Proben der erhaltenen Registrierkurven sich von der Brauchbarkeit der Konstruktion zu überzeugen.

Der Aspirator wird durch eine kleine Wasserturbine oder einen kleinen Elektromotor betrieben; wichtig ist, daß der Gang desselben nicht reguliert oder überwacht zu werden braucht, da, wie man sogleich sehen wird, Gangdifferenzen durch die Methode der Registrierung eliminiert werden. Die aus dem Freien durch das Fenster hindurch aspirierte Luft (etwa 10 Liter pro Sek.) passiert den Zylinderkondensator, dessen Außenzylinder durch eine Batterie auf hohes Potential geladen wird, dann ein Richardsches Anemometer bei den großen Fördermengen, bei denen wesentlich nur die schnell beweglichen, gewöhnlichen Ionen, wie sie unter der Wirkung radioaktiver Präparate sich bilden, eingefangen werden. Sollen auch die viel trägeren elektrisch geladenen Partikelchen, die nach Langevin immer in großer Zahl mit in der Atmosphäre vorhanden sind, die sog. „Molionen", eingefangen werden, so muß man dem Luftstrome viel geringere Geschwindigkeiten geben, da diese Ionen, welche den elektrischen Kräften nur sehr langsam folgen, viel mehr Zeit brauchen, um den Zwischenraum zwischen äußerem und innerem Zylinder zu passieren. In diesem Falle wird das Anemometer durch eine Gasuhr ersetzt. Der Innenzylinder des Kondensators kann entweder mit dem einen Quadrantenpaare oder mit dem Gehäuse des elektromagnetisch gedämpften Elektrometers verbunden werden (in letzterem Falle ist es dann geerdet), und zwar wird die Umschaltung automatisch von dem Zählwerke des Anemometers

[1]) Über die Verwendbarkeit des neuen, durch viel kleinere Kapazität ausgezeichneten „Saitenelektrometers" sind im Laboratorium des Ref. augenblicklich Untersuchungen im Gange.

[2]) Vgl. z. B. A. Sprung, *Physik. Zeitschr.* **5.** *S. 328. 1904* und G. Lüdeling, *ebenda* **5.** *S. 447. 1904*; die Konstruktion von L. Kann, *ebenda* **2.** *S. 621. 1901* ist wohl nur ein Vorschlag und nie in praxi ausgeführt worden.

oder der Gasuhr aus besorgt. Hier befindet sich nämlich ein Kontakt, der immer, wenn *ein bestimmtes Luftvolumen* (7 *cbm* beim Anemometer) durch den Apparat hindurch gesaugt ist, ein Uhrwerk auslöst, welches der Reihe nach die folgenden Operationen vollführt:

1. Der Innenzylinder, welcher seither die Ionen eines bestimmten Vorzeichens sammelte und mit dem Elektrometer in Verbindung stand, wird von diesem losgelöst, welch letzteres isoliert stehen bleibt; der Innenzylinder wird geerdet und bleibt dies während einer kurzen Zeit, während welcher ein ebenfalls auf der Uhrwerkachse sitzender, nachfolgender Daumen die Kommutierung der Ladebatterie besorgt; erst dann wird die Erdung des Innenzylinders aufgehoben, der nun die Ionen des entgegengesetzten Zeichens aufsammelt.

2. Unterdessen bleibt das Elektrometer, welches soeben isoliert wurde, und das eine Ablenkung erfahren hatte, welche der Zahl der während der vorhergehenden Periode aufgesammelten Ionen proportional ist, isoliert und verharrt darum (bei guter Isolation) in dem ihm erteilten Zustande der Ablenkung so lange, daß ein vom Elektrometerspiegel auf das (auf rotierendem Zylinder aufgewickelte) empfindliche Papier geworfenes Lichtbündel einen deutlichen, punktförmigen Eindruck hinterläßt.

3. Nach einigen Sekunden wird das Elektrometer geerdet; es geht vermöge seiner guten Dämpfung fast unmittelbar und aperiodisch auf seine Ruhelage zurück, verbleibt hier eine kurze Zeit, sodaß auch diese photographisch registriert wird.

4. Endlich wird das Elektrometer aufs neue isoliert und mit dem Innenzylinder in Verbindung gebracht; dieser teilt ihm die Ladung mit, die er seit der Operation 1. angesammelt hat (im ganzen verbleiben ihm etwa 60 Sek. Zeit dazu). Das Elektrometer schlägt aus, der Ausschlag wächst, bis das genau fixierte Luftquantum wiederum durchgesaugt ist (was 10 bis 15 Min. dauert); wiederum wird Kontakt hergestellt, und das Spiel der einzelnen Operationen wiederholt sich in der gleichen Weise.

Man erhält demnach auf der Registrierwalze eine Reihe von einzelnen Punkten, zwei oder drei pro Stunde für jedes Vorzeichen, welche links und rechts von der Nullinie liegen, und deren Abstand von dieser proportional der in einem konstanten Volumen enthaltenen Ionenladung ist; letztere kann man leicht bei gegebener Fördermenge und Kapazität der Anordnung auf elektrostatische Einheiten pro *cbm* umrechnen.

Die Verf. hoffen, den Aspirator ganz weglassen zu können und einfach den Wind zu benutzen, der ja an exponierten Orten wie etwa auf dem Eiffel-Turme nie ganz fehlt. Ein gebogener drehbarer Schornstein wird durch eine Windfahne immer gegen den Wind gerichtet. Damit die durch denselben gehende Luftmenge nicht in allzuweiten Grenzen variiert, wird vor der Mündung eine automatisch sich schließende und öffnende Drosselklappe angebracht. Auch hier nimmt das Zählwerk selbsttätig die oben genannten Umschaltungen vor, sowie ein bestimmtes Luftvolumen den Apparat passiert hat.

Endlich sind die Verf. damit beschäftigt, eine andere Konstruktion auszuprobieren, bei welcher das jedesmalige Zurückführen der Quadrantennadel auf die Nullstellung wegfällt, und eine dauernde Ablenkung, die proportional der Zahl der eingefangenen Ionen desselben Zeichens ist, erzielt wird. Das Prinzip dieser Methode beruht auf einer Ladeteilung nach dem Durchsaugen einer bestimmten Luftmenge mit einem isolierten Konduktor, der ursprünglich auf dem Potential Null sich befand; nach Erreichung des stationären Zustandes ist die Ionendichte der dauernden Ablenkung proportional geworden.

Wie man sieht, erfordern alle die soeben geschilderten Methoden einen ziemlich komplizierten, automatisch funktionierenden Mechanismus, und es liegt der Gedanke nahe, ob man nicht ohne denselben auskommen könne; außerdem wird man immer den Wunsch hegen, statt der punktweisen eine kontinuierliche Registrierung zu besitzen, wie sie in der zuletzt angedeuteten Methode schon als möglich erscheint.

Diesen Weg hat Ch. Nordmann weiter verfolgt. Es handelt sich augenscheinlich nur darum, der von dem Innenzylinder dauernd aufgesammelten Elektrizitätsmenge einen Abfluß derartig zu schaffen, daß die abfließende Elektrizitätsmenge proportional der erreichten Spannung ist; dann würde die Ablenkung der Elektrometernadel auch unmittelbar ein Maß

für die pro Zeiteinheit eingefangene Elektrizitätsmenge sein. Den gewünschten Dienst würde ein sehr großer Widerstand leisten, für den das Ohmsche Gesetz gilt, wenn man durch ihn hindurch das isolierte Quadrantenpaar in Nebenschluß mit der Erde bringt, vorausgesetzt, daß ein derartiger Widerstand gefunden werden könnte, der hinreichend konstant, namentlich unabhängig von der Temperatur wäre. Nach vergeblichen Versuchen, einen solchen Widerstand zu finden, nimmt Nordmann seine Zuflucht zu einem Tropfkollektor, der mit dem Innenzylinder dauernd in Verbindung bleibt. Beim Ausfließen von etwa $1\frac{1}{2}$ Tropfen von 2 *mm* Radius pro Sek. vermag dieser Kollektor (in diesem Falle besser „Verteiler" genannt) freilich eine genügende Elektrizitätsmenge fortzuschaffen. Ob aber auf diesem Wege ein für längere Zeit konstanter Nebenschluß wirklich zu erzielen ist, bleibt erst noch abzuwarten. Nach der Erfahrung des Ref. hat es seine großen Schwierigkeiten, eine gleichmäßige, namentlich auch von Temperaturschwankungen unabhängige Tropfenbildung längere Zeit hindurch zu erhalten (selbst bei Anwendung von Mariotteschen Flaschen), ganz abgesehen davon, daß im Winter das Einfrieren dem *Wasser*-Tropfkollektor jedenfalls ein Ziel setzt. In dem physikalischen Institute der Technischen Hochschule zu München sind zurzeit Versuche im Gange, diese Schwierigkeiten auf anderem Wege zu beheben. Sollte dies gelingen, so wäre hier allerdings die einfachste Registriermethode gegeben. Freilich ist nicht zu vergessen, daß in diesem Falle das Funktionieren des Aspirators mit kontrolliert werden muß; bei der Langevinschen Methode wird dies dadurch umgangen, daß die Ladeteilung dem Anemometer (bezw. der Gasuhr) selbst anvertraut wird. Außerdem ist im Auge zu behalten, daß bei kontinuierlicher Registrierung *zwei* gleiche Apparate dauernd im Betrieb zu erhalten sind, für jedes Vorzeichen einer. Will man außerdem die gewöhnlichen Ionen und die Molionen (vgl. oben *S. 217*) gesondert abzählen, so sind vier derartige Apparate vonnöten. Man erkennt, daß eine vollständige luftelektrische Registrierstation mindestens über fünf gesonderte Registrierapparate verfügen muß: einen Potential-Registrierapparat und die vier genannten Aspirations-Registrierapparate. Eine derartig ausgerüstete Station würde freilich der luftelektrischen Forschung die wesentlichsten Dienste leisten können.

München, im Juni 1905. *H. Ebert.*

Über eine neue Methode zur Dämpfung oszillierender Galvanometerausschläge.

Von W. Einthoven. *Ann. d. Physik* **16.** *S. 20. 1905.*

Die Eigenschaften des hier früher (*diese Zeitschr.* **24.** *S. 306. 1904*) beschriebenen Einthovenschen Saitengalvanometers, nämlich sein großer Widerstand in Verbindung mit kleiner Schwingungsdauer, machen die Dämpfung des Ausschlags durch einen parallel zum Galvanometer gelegten Kondensator möglich. Bei Stromschluß wird zu Beginn ein Teil des Stromes zum Aufladen des Kondensators verbraucht, sodaß der Stromdurchgang durch das Galvanometer und damit der Ausschlag verlangsamt wird. Der Verf. gibt die Photogramme einiger Versuche, bei denen die oszillierende Ausschlagsbewegung durch Anlegen des Kondensators in eine ganz aperiodische verwandelt ist.

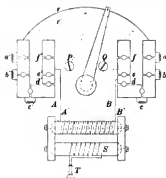
Über die Größe des erforderlichen Kondensators gewinnt man eine Vorstellung durch folgende Betrachtung: legt man an ein Galvanometer vom Widerstand w einen geladenen Kondensator von der Kapazität c, so erfolgt der Stromverlauf mit der Zeit nach der Formel $J = J_0 e^{-\frac{t}{wc}}$. Soll dieser Strom die Schwingungsform des Galvanometers beeinflussen, so muß wc mindestens von der Größenordnung der Schwingungsdauer sein. Ein Kondensator von 1 Mikrofarad ($c = 10^{-6}$) ergibt bei einem Galvanometer vom Widerstand $w = 10000$ Ohm die Zeitkonstante $wc = 0{,}01$, genügt also zur Dämpfung bei Schwingungsdauern bis etwa $\frac{1}{100}$ Sekunde. Da man bei stark gespannten Saiten mit noch erheblich kleineren Schwingungsdauern zu tun hat, ist die Methode der Dämpfung bei Saitengalvanometern mit den üblichen Laboratoriumsmitteln noch sehr wohl ausführbar, während sie für die gewöhnlichen Galvanometer, deren Schwingungsdauer nach Sekunden zählt, nicht in Betracht kommt. *Dst.*

Über einen Differentialtransformator.

Von A. Trowbridge. *Phys. Rev.* **20.** *S. 65. 1905.*

Ho[1]) und später Duane und Lory[2]) waren die ersten, welche das Telephon in Differentialschaltung zu Messungszwecken benutzten. Die Hauptbedingung, die ein Differentialtelephon zu erfüllen hat, besteht darin, daß das Telephon nicht tönt, wenn zwei nach Stärke und Phase einander gleiche, aber entgegengesetzt gerichtete Ströme in den beiden Wicklungen fließen. Diese Bedingung ist schwer genau zu erfüllen, weil durch die Membran eine gewisse Unsymmetrie des magnetischen Kreises hineinkommt. Trowbridge zieht es daher vor, die beiden Differentialwindungen als Primärwindungen auf den Kern eines Transformators zu bringen, an dessen sekundäre Wicklung das Telephon angeschlossen ist.

Wird jetzt *derselbe* Strom in entgegengesetzter Richtung durch die Differentialwindungen geschickt, so gibt das Telephon auch bei den sorgfältigst gewickelten Spulen einen Ton. Um diesen zu beseitigen, fügt man zu jeder Spule eine Windung in einigen Zentimeter Abstand voneinander hinzu; dreht man die Windungen langsam mit der Hand umeinander, so kann man den Augenblick abpassen, wo das Telephon vollständig schweigt. Schließt man nunmehr die beiden Primärwicklungen einander parallel an dieselbe Wechselstromquelle, so schweigt das Telephon nur dann, wenn Selbstinduktion und Widerstand beider Zweige einander gleich sind.



Das erstere ist bei sorgfältig gewickelten Spulen zur Genüge der Fall. Es genügt also in der Regel, im einen Zweig so lange Widerstand einzuschalten, bis das Telephon schweigt.

Um diese Justierung und die späteren Messungen bequem vornehmen zu können, hat Trowbridge den Differentialtransformator in eine geeignete Schaltung gebracht (s. die Figur). AB, $A'B'$ sind die Differentialwicklungen, S ist die Sekundärwicklung, an die das Telephon T angeschlossen ist. An PQ wird die Wechselstromquelle angelegt; abc, $a'b'c'$ sind Stöpselwiderstände, die hinter die Schleifdrähte rr' geschaltet sind; d, f; d', f' sind Unendlichkeitsstöpsel. Wird nur dfe' gestöpselt, so sind die Differentialwindungen hinter einander geschaltet. Werden alle Stöpsel bis auf ee' gesteckt, so sind sie einander parallel, und durch Justieren der Widerstände kann das Telephon zum Schweigen gebracht werden.

Soll nun z. B. ein Selbstinduktionsnormal mit einem Selbstinduktionsvariometer verglichen werden, so werden die Löcher dd' mit diesen Rollen überbrückt. Nur wenn Selbstinduktionen und Widerstände beider Rollen einander gleich sind, schweigt das Telephon.

Eine Methode zum Vergleich von Selbstinduktion L und Kapazität C ist die folgende. d wird überbrückt durch einen Widerstand R, d' durch die hinter einander geschaltete Kapazität C und die Selbstinduktion L, deren Widerstand ϱ sei. Parallel zu C liegt der Widerstand r_1, parallel zu L der Widerstand r_2. Dann ist in erster Annäherung: $L/C = r_1^2 (1 + \varrho/r_2)^2$. Auf diese Weise wurden Selbstinduktionen von 7 bis 40 Millihenry mit Kapazitäten von 0,05 bis 1 Mikrofarad verglichen. Die Einstellung ist in dieser Anordnung unabhängig von der Periodenzahl. *E. O.*

[1]) *The Electrician* **51.** *S. 751. 1903.*

[2]) *Phys. Rev.* **18.** *S. 275. 1904.*

Neu erschienene Bücher.

Verhandlungen der vom 4. bis 13. Aug. 1903 in Kopenhagen abgehaltenen XIV. allgemeinen Konferenz der internationalen Erdmessung. Redigiert vom ständigen Sekretär H. G. van de Sande Bakhuyzen. 4°. Berlin, G. Reimer.

I. Teil. Sitzungsberichte und Landesberichte über die Arbeiten in den einzelnen Staaten. 258 S. m. 10 Taf. u. Karten. 1904. — II. Teil. Spezialberichte. 475 S. m. 20 Taf. u. Karten. 1905.

Auf den Inhalt dieser zwei starken Bände kann der Ref. hier nur so weit eingehen, als Gegenstände der Instrumentenkunde (neue oder abgeänderte Instrumente, methodisch neue Anwendungen) in Betracht kommen. — In der 3. Sitzung (7. Aug.) kam das Claude-Driencourtsche Prismenastrolabium zur Bestimmung (von Zeit und) der Polhöhe aus gleichen Höhen von Sternen zur Sprache; es ist über dieses Instrument s. Zt. hier berichtet worden. Es wurde anerkannt, daß die Methode an sich nicht neu ist (sogar vor Gauß lassen sich Anfänge nachweisen); auch was das Instrument betrifft, ist das Becksche Nadirinstrument älter, doch weicht das Claudesche Instrument allerdings in der Anordnung des Prismas und des Fernrohrs davon ab. Der Bericht von Driencourt über die Methode findet sich im II. Bd. (Beilage B VII); über das Instrument wird nur wesentlich Bekanntes mitgeteilt. Das für Hauptstationen bestimmte Instrument hat ein Fernrohr von 42 *mm* Öffnung, und es wird 65-fache Vergrößerung benutzt, mit der man bei klarem Wetter noch Sterne bis zur 7. Gr. verwenden kann; immerhin sind die Verbesserungen ebenfalls erwähnt, die auf Veranlassung des *Service hydrographique* (Driencourt) angebracht worden sind. Sie erleichtern die Aufstellung des Instruments, die jetzt gar keine Vorbereitung mehr erfordert, indem für den Quecksilberhorizont ein besondrer Support in Gestalt eines gewöhnlichen Theodolitstativs hergestellt ist. Die Genauigkeit der mit dem Instrument erhaltenen Resultate ist sehr groß; eine Versuchsreihe in Montsouris hat für die Polhöhe Zahlen gegeben, die sich nicht über 0,3" voneinander entfernen, und deren Mittel gegen die Bestimmung der Polhöhe mit einem Brunnerschen tragbaren Meridiankreis mit vier Ablesemikroskopen eine Differenz von nur 0,1" zeigt. In einer Stunde Beobachtungszeit kann bei gutem Wetter die Polhöhe auf 0,5" und die Ortszeit auf $\frac{0,5^s}{15 \cdot \cos\varphi}$ erhalten werden. Das Prismenastrolabium werde in weitem Umfang auf Feldstationen den Meridiankreis ersetzen.

In der 4. Sitzung wurde (von Rosén) über die Beendigung der Meridianbogenmessung in Spitzbergen berichtet und den schwedischen Geodäten der Dank der Versammlung ausgesprochen. Die Notiz B X. des II. Bds. gibt hierzu einiges Nähere; von 1899 bis 1902 sind die Messungen auf dem schwedischen Teil des Bogens durchgeführt worden. An der Küste der Treurenberghai ist eine Basis gemessen, Horizontalwinkel sind auf 18 Stationen I. Ordnung beobachtet (davon 13 Hauptdreieckspunkte, die übrigen im Basisnetz); ein Azimut ist auf 9 Punkten und die Polhöhe ist auf 17 Punkten gemessen; endlich sind Pendelbeobachtungen auf 5 Punkten ausgeführt. Bei diesen erörtert Rosén die Mohnsche Methode im Vergleich mit der Pendelmethode im Eismeer; für die Schwerebestimmung mit Pendelapparaten bleibe in der Unsicherheit der Bestimmung des Uhrgangs eine beträchtliche Fehlerquelle übrig, die nicht eher genügend beseitigt werden könne, als nicht weit genauere Methoden für die Bestimmung der Längenunterschiede auf dem Meer, z. B. durch die drahtlose Telegraphie, zu Gebot stehen; die Mohnsche Methode dagegen ist von der genannten Fehlerursache ganz frei und z. Zt., wo ihre praktische Brauchbarkeit durch die Messungen von Hecker erwiesen ist, als die beste Methode für Schweremessungen auf dem Meer anzusehen. — In der Notiz A XXII des I. Bds. beschreibt Rosén auch die Polhöhenbestimmung für astronomische Nivellements in Schweden. Die Methode war die der Kombination von Polaris-Zenitdistanzen mit Zirkummeridian-Zenitdistanzen einiger weniger Südsterne; aus Polaris und drei Südsternen wurde die Polhöhe mit einem m. F. ± 0,18" bestimmt (in dieser Zahl sind die Fehler der

Sterndeklinationen und die Teilungsfehler des Höhenkreises mit enthalten) nach Messungen an einem einzigen Beobachtungsabend. Dabei haben sich konstante Fehler (Tagesfehler) nicht gezeigt. In derselben Sitzung hat Förster kurz berichtet über den neuen Komparator der Kaiserlichen Normal-Eichungs-Kommission in Berlin (B VIII im II. Bd.), nach Angaben von Prof. Dr. Weinstein von Hrn. Hecle in Berlin hergestellt; das Neue besteht darin, daß außer der Maßstabvergleichung durch mikroskopische visuelle Einstellungen auch Maßvergleichung durch alternierende photographische Aufnahmen der Lage der Endstriche der beiden Maßstäbe auf einer und derselben Platte ausgeführt werden kann; ferner wird die Temperatur der die Maßstäbe umgebenden Medien elektrisch reguliert.

Zwei Berichte der Direktoren des Internationalen Maß- und Gewichtsbureaus, Benoit und Guillaume (B V und B VI des II. Bds.) werden allgemeines Interesse finden: der erste bespricht neue 4 *m* lange geodätische Hauptnormale (für den französischen *Service géographique de l'Armée*, für die mexikanische Gradmessungskommission, für die japanische geodätische Kommission, endlich für das russische Maß- und Gewichtsbureau und für die deutsche Normal-Eichungs-Kommission). Diese Maßstäbe bestehen aus einem Invar-Stab, der in zwei Punkten auf seiner Unterlage ruht; er hat H-förmigen Querschnitt von 799 *qmm* Fläche und 110500 mm^4 vertikalem Trägheitsmoment. Der Stab hat 26 *kg* Gewicht. An jedem Ende sind drei Millimeterstriche gezogen, wobei das mittlere *mm* in $^1/_{10}$ zerlegt ist, während zwei Längsstriche in 0,2 *mm* Abstand voneinander die Achse des Stabs bezeichnen. Die zweite Mitteilung bespricht die neuen Einrichtungen für die Jäderinsche Draht-Basismessung mit Invardrähten.

Von großen Gradmessungen sind neben dem oben erwähnten schwedisch-russischen Meridianbogen im hohen Norden (Spitzbergen) gegenwärtig im Gang: die Neumessung der „peruanischen" Gradmessung (im 18. Jahrhundert von Bouguer, La Condamine u. A. ausgeführt), in der heutigen Republik Ecuador von seiten Frankreichs, unter der Leitung von Bourgeois; über die Fortschritte berichtet ausführlich Poincaré in B IX (Bd. II). Die Hauptgrundlinie bei Riobamba ist zuerst mit dem bimetallischen Maßstab von Brunner gemessen worden, der eine Abschnitt von $3^1/_2$ *km* Länge zweimal, wobei die zwei Messungen um 6,64 *mm* voneinander abwichen; sodann ist die ganze Grundlinie, 9380,759 *m* lang, auch zweimal mit Drähten (Invardraht und Messingdraht) gemessen, wobei die erste Messung eine Länge von 9380,755, die zweite 9380,741 ergab. Die Amplitude des ganzen Meridianbogens beträgt 5° 53′ 34,2″ (nördl. Endpunkt Tulcan in + 0° 48′ 25,6″, südlicher Endpunkt Payta — 5° 5′ 8,6″); außer einigen Polhöhen erster Ordnung wird auf allen Stationen die Polhöhe gemessen mit der Genauigkeit II. und III. O. (diese mit dem Claudeschen Instrument, vgl. oben). Ferner sind große Gradmessungen im Gang in den Vereinigten Staaten und in Mexiko (großer Meridianbogen auf 98° w. Gr.), endlich durch ganz Afrika, von Ägypten bis zum Kap, wodurch der längste in der alten Welt mögliche zusammenhängende Meridianbogen vom Nordende von Europa bis zur Südspitze von Afrika gemessen werden wird. Hierüber konnte Helmert in der 5. Sitzung einige Mitteilungen machen.

Aus den Berichten über die Fortschritte der Erdmessungsarbeiten in den einzelnen Ländern (I. Bd.) und den Spezialberichten über die einzelnen Aufgaben (II. Bd.) ist im Sinn der Bestimmung dieser Zeitschrift noch zu erwähnen: die in Japan festgestellte, z. T. beträchtliche, dauernde Veränderung der Höhenlage von Punkten infolge des Erdbebens von 1891; die hohe Genauigkeit der neusten Dreiecksnetze der Preußischen Landesaufnahme (neues west- und ostpreußisches Netz, jenes mit 30 Haupt- und 42 Zwischenpunkten, dieses mit 29 Haupt- und 61 Zwischenpunkten), wobei große Holzpyramiden bis zu 37 *m* Beobachtungs- und 51 *m* Leuchthöhe benutzt werden mußten. Die Signale werden jetzt als 8-eckige Sockelpfeiler gebaut, und ihre außerordentliche Höhe hat der Güte der Horizontalwinkelmessung keinen Abbruch getan, wie die folgenden Zahlen zeigen: größter Dreiecksschlußfehler in 41 Dreiecken des westpreußischen Netzes 0,85″, mittlerer Winkelfehler aus den Dreiecksschlüssen nach der internationalen Formel berechnet ± 0,24″, mittl. Fehler der 24-maligen Richtungsbeobachtung aus den Stationsbeobachtungen ± 0,16″, aus der Netzausgleichung

$\pm 0{,}33''$ (aus den Dreiecksschlüssen endlich, vgl. oben, $\frac{0{,}24''}{\sqrt{2}} = \pm 0{,}17''$). Bei dem von der Landesaufnahme längs der Ostseeküste von Marienleuchte bis Stolpmünde ausgeführten Feinnivellement (rund 1800 *km* lang) ergab sich der m. F. der doppelt nivellierten 1 *km*-Strecke zu $\pm 0{,}47$ *mm*, also für die einfach nivellierte 1 *km*-Strecke rund $\pm \frac{2}{3}$ *mm*.

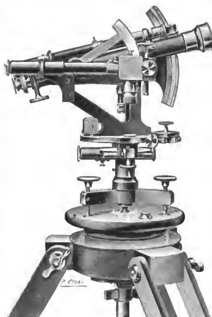


Fig. 1.

Aus dem Bericht von Heimert und Krüger über die Fortschritte der Triangulationen sei erwähnt, daß in zwei neuen in Italien zur Verbindung von Gozzo mit Sizilien und zur Verbindung von Toskana mit Sardinien gemeßnen Dreiecksnetzen sehr lange Seiten, im ersten bis 198 *km*, im zweiten bis 232 *km* vorkommen; die zweite Zahl nähert sich den Abmessungen des berühmten Verbindungsvierecks zwischen Spanien und Algerien, beträgt allerdings nur $\frac{1}{3}$ der längsten bisher überhaupt vorhandnen, von beiden Endpunkten her beobachteten Dreiecksseite (294 *km*, in den Vereinigten Staaten). Der Bericht von Bassot über neue Grundlinien seit 1898 zählt 14 auf; der Bericht von Lallemand über die Feinnivellements gibt interessante Einzelheiten über die in Norwegen, der Schweiz, in Britisch-Ostindien, Japan, den Vereinigten Staaten, Mexiko angewandten Instrumente und Methoden. Welche Unterschiede noch bestehen, mag die Notiz zeigen, daß bei den neuen Instrumenten in der Union (über die hier bereits berichtet ist) Libellen von 2″ Teilwert, in Mexiko aber von 18″ Teilwert (2,5 *mm*-Teile, also Krümmungshalbmesser der Libellenausschleifung nur 29 *m*) gebraucht werden.

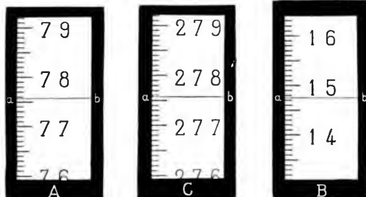


Fig. 2. Bilder in den Mikroskopen *A*, *C*, *B* in nat. Gr.

Über ein neues Flexionsgravimeter von Brillouin (B XXI) wird von anderer Seite berichtet werden; dagegen möchte der Ref. hier noch mit einigen Worten auf B XX, die Be-

schreibung eines neuen Feldmeßtheodolits mit Strichmikroskopablesung von Ch. Lallemand eingehen, weil diese Notiz in einem den Erdmessungsarbeiten gewidmeten Bande wohl nicht gesucht wird. Das Instrument ist für die Neumessung des französischen Katasters bestimmt und wird als Azimutalkreis (für Kleintriangulierung und Zugmessung) bezeichnet, hat aber auch einen Höhenkreisbogen; es ist von Ponthus & Therrode in Paris gebaut. Der Horizontalkreis ist in Dezigrad ($0,1^g$ neuer Teilung) zerlegt und wird durch zwei gebrochne Strichmikroskope *A* und *C* (Ablesemikroskope mit *einem* festen Faden *a b*), deren Okular unmittelbar links und rechts vom Fernrohrokular liegt, abgelesen bis auf $0,01^g = 1'$ (etwa $\frac{1}{2}'$ a. T.); der Höhenbogen wird durch ein drittes ebensolches Mikroskop *B* abgelesen. Den Anblick des Instruments sowie der Gesichtsfelder der drei Mikroskope *A*, *C*, *B* zeigen die von Hrn. Lallemand freundlichst zur Verfügung gestellten Fig. 1 u. 2. Zahlreiche Versuche von Cuvigny mit dem neuen Instrument haben gezeigt, daß bei 130 *mm* Durchmesser des Horizontalkreises der wahrscheinl. Fehler eines *einmal* gemeßnen Horizontalwinkels $\pm 4,7^{cc} = 0,0047^g$ oder 0,47' (= rund 15") beträgt, fast genau übereinstimmend mit der Zahl, die Reinhertz an dem mit ähnlichem Ablesemittel ausgestatteten Fennelschen Theodolit, ebenfalls mit 130 *mm* Teilkreisdurchmesser, erhalten hat. Das Instrument ist jedenfalls in der Anwendung bequem wegen der sehr übersichtlichen Teilung, einfachen Ablesung und der Nachbarschaft aller Okulare.

Der letzte Aufsatz des II. Bds. gibt einen Vortrag wieder, den der dänische Hauptmann Sand auf der Kopenhagener Versammlung über Tycho Brahe und seine Sternwarten auf der Insel Hven gehalten hat; leider ist wenig über Tychos *Instrumente* mitgeteilt.

Hammer.

M. Merriman, *Elements of precise Surveying and Geodesy.* 2. Aufl. 8°. Mit Fig. New York 1904. Geb. in Leinw. 12 M.

H. Kayser, Handbuch der Spektroskopie. 3. Bd. Lex. 8°. VIII, 604 S. m. 94 Fig. u. 3 Taf. Leipzig, S. Hirzel 1905. 38 M.; geb. 42 M.

B. Weinstein, Thermodynamik u. Kinetik der Körper. III. Bd. 1. Halbbd. Die verdünnten Lösgn. — Die Dissoziation. — Thermodynamik der Elektrizität u. des Magnetismus (I. Tl.). gr. 8°. XVI, 464 S. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1905. 12 M.

***Annuaire** du Bureau des Longitudes pour l'an 1905.* 8°. 788 S. m. 3 Karten u. Figuren. Paris 1905. 1,50 M. P. Hatt, *Explication élémentaire des marées. etc.*

Sammlung Göschen. kl. 8°. Leipzig, G. J. Göschen. Geb. in Leinw. jedes Bdchn. 0,80 M.

38. J. Klein, Chemie. Organischer Teil. 3., verb. Aufl. 194 S. 1905. — 48. H. Schubert, Beispiel-Sammlung zur Arithmetik u. Algebra. 3., durchgeseh. Aufl. 147. S. 1905. — 77. G. Jäger, Theoretische Physik. II. Licht u. Wärme. 3., verb. Aufl. 153 S. m. 47 Fig. 1905. — 78. Derselbe. III. Elektrizität u. Magnetismus. 3., verb. Aufl. 149 S. m. 33 Fig. 1905. — 92. S. Günther, Astronomische Geographie. Neudruck. 170 S. m. 52 Abbildgn. 1905. — 146. F. Junker, Repetitorium u. Aufgabensammlung zur Differentialrechnung. 2, verb. Aufl. 129 S. m. 46 Fig. 1905. — 197. J. Herrmann, Elektrotechnik. Einführung in die moderne Gleich- u. Wechselstromtechnik. 2. Tl. Die Gleichstromtechnik. Kurze Beschreibg. der Gleichstromerzeuger, der Gleichstrommotoren u. der Akkumulatoren. Neudruck. 114 S. m. 74 Fig. 1905.

E. Warburg, Lehrbuch der Experimentalphysik f. Studierende. 8., verb. u. verm. Aufl. gr. 8°. XX, 422 S. m. 424 Original-Abbildgn. im Text. Tübingen, J. C. B. Mohr 1905. 7 M.; geb. 8 M.

Jahrbuch der Radioaktivität u. Elektronik. Hrsg. v. Johs. Stark. 2. Bd. 4 Hefte. gr. 8°. 1. Hft.: 132 S. m. Fig. Leipzig, S. Hirzel 1905. 15 M.

J. Zenneck, Elektromagnetische Schwingungen u. drahtlose Telegraphie. Lex. 8°. XXVIII, 1019 S. m. 802 Fig. Stuttgart, F. Enke 1905. 28 M.; geb. in Leinw. 30 M.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Kuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. H. Landolt, Vorsitzender, Prof. Dr. A. Westphal, geschäftsführendes Mitglied, Dr. H. Krüss, Dr. S. Czapski.

Redaktion: Prof. Dr. St. Lindeck in Charlottenburg-Berlin.

XXV. Jahrgang. **August 1905.** Achtes Heft.

Tachymeter Láska-Rost.

Von
Prof. Dr. W. Láska in Lemberg.

Das Instrnment[1]), dessen kurze Beschreibung und Theorie im folgenden mitgeteilt werden soll, ist für die gewöhnliche und für die sogenannte *Präzisions-Tachymetrie* im Sinne Hammers bestimmt und entspricht folgenden Anforderungen:

Es soll ohne jede Rechnnng möglichst einfach und schnell die Horizontaldistanz sowie der Höhenunterschied an der Latte selbst abgelesen werden können. Die zu erreichende Genanigkeit soll möglichst der eines gleich großen Doppelfaden-Tachymeters gleich sein.

Diese Aufgabe ist in nachstehender Weise gelöst. Zur Bestimmnng der Horizontaldistanz dient das Prinzip der Tangentenklppschranbe, durch das die Distanz ohne Rücksicht auf den Höhenwinkel erhalten wird; sie ist gleich dem Hnndertfachen der Differenz der Ablesungen des festen Fadens vor und nach der Kippnng des Fernrohrs.

Die Distanz, mit der Tangente des Höhenwinkels multipliziert, gibt den Höhenunterschied. Diese Multiplikation wird durch das Instrument selbst besorgt, indem ein beweglicher Faden im Gesichtsfelde des Fernrohrs so nach einer am Höhenkreise ablesbaren Indextellnng eingestellt wird, daß seine Ablesung nach vollzogener Kippung des Fernrohrs, abgezogen von der Ablesnng des festen Fadens vor der Kippnng, direkt den Höhennnterschied in hnndertfacher Verjüngung gibt. Es müssen demnach am Instrument folgende Einrlchtungen vorhanden sein:

1. ein beweglicher Mikrometerfaden im Gesichtsfelde;
2. an der Stirn des Höhenkreises eine nach einer weiter unten abzuleitenden Gleichnng anfgetragene Indexteilung;
3. ein Kippexzenter, der die Fernrohrachse um ein konstantes Längenmaß zu heben gestattet.

Die Handhabnng ist nun kurz diese:

Das Fernrohr wird auf die Latte gerichtet, der Index am Höhenkreis abgelesen und mit ihm identisch die Mikrometerschraube am Okular gestellt.

Hierauf wird der feste Faden f_1 abgelesen, dann das Fernrohr mittels Exzenters gehoben und der feste Faden f_2 sowie der bewegliche Faden b abgelesen.

Man hat sodann

$$\text{die Horizontaldistanz } D = 100\,(f_1 - f_2),$$
$$\text{„ Höhendifferenz } H = 100\,(f_1 - b).$$

[1]) Patente in mehreren Staaten angemeldet.

Die Indexablesung geschieht vom Okular aus. Die andere Stirnseite des Höhenkreises besitzt eine gewöhnliche Gradteilung für Höhenwinkel. Man hat also, wenn zugleich der Höhenwinkel α abgelesen wird, noch eine zweite Gleichung für die Höhendifferenz, nämlich

$$H = 100(f_1 - f_2)\operatorname{tg}\alpha,$$

die natürlich genauer ist.

Die Vorteile dieses Instrumentes sind:

Jede Rechnung fällt fort; dadurch wird ein Drittel der Aufnahmearbeit erspart. Man kann bequem 40 Punkte in der Stunde, also 300 bis 400 Punkte im Tage, aufnehmen, wobei man zugleich Höhendifferenz und Distanz erhält. Das ist auch

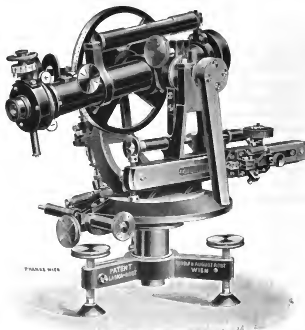


Fig. 1 a.

die mittlere Leistung des Doppelfaden-Tachymeters; bei diesem kommt noch die Berechnung hinzu (etwa 800 Punkte täglich).

Ein weiterer Vorteil ist die *bequeme Berichtigung der Konstante 100*. Sollte sich dieselbe verändert haben, so kann sie selbst im Felde bequem wieder hergestellt werden.

Da die Distanzen unabhängig vom Höhenwinkel erhalten werden, so kann man in einer Minute die Distanz ebenso genau erhalten, wie durch Stahlbandmessung, ohne Rücksicht auf das Terrain (s. u. die Genauigkeitsbestimmungen). Das Instrument hat vollkommen theodolitartigen Bau, auch die Latte ist die gewöhnliche. Es ist ein Nivellierinstrument, ein Tachymeter für alle Arten der Tachymetrie mit fester oder veränderlicher, horizontaler oder vertikaler Latte und zugleich ein Theodolit (Höhenwinkelablesung auf 1′ durch Nonius, Horizontalwinkel durch Skalenmikroskope,

1 Minute direkt, 15" sicher zu schätzen), es verdient also den Namen eines Universalinstruments. Um nur ein Beispiel anzuführen, kann die Multiplikations-Streckenmessung nach Coradi-Bröunimaun (siehe *Zeitschr. f. Vermess. 24. S. 289 u. 563. 1895*) mit diesem Instrument ohne weiteres demonstriert werden. Soll das Instrument als *Doppelfaden-Tachymeter* Verwendung finden, so ist der bewegliche Faden einfach auf die Konstante 5,00 zu stellen.

Beschreibung des Instrumentes. Das Instrument (Fig. 1a u. 1b) hat, wie schon erwähnt, die Bauart eines Theodolits mit verdecktem Horizontalkreise. Das Fernrohr ist mit einer Reversionslibelle versehen und besitzt für die Zwecke der Nivellierung sowie der

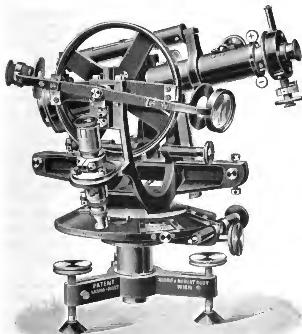


Fig. 1 b.

trigonometrischen Höhenmessung die übliche Klemmvorrichtung und Feinbewegung, welche beim Distanz- und Höhenmessen nach unserer Methode nicht benutzt werden. Der Höhenkreis trägt auf der Objektivseite die gewöhnliche Teilung als Stirnteilung (Noniusangabe 1') und zwar von 315° bis 45°, was für alle Arten der Höhenmessung mehr als hinreichend ist. Auf der dem Okular zugewendeten Stirnseite des Höhenkreises befindet sich die Indexteilung (+ für Höhenwinkel, — für Tiefenwinkel von + 5,00 bis — 5,00 fortschreitend). Das fast konstante Intervall zweier Striche ist etwas kleiner als jenes eines Winkelgrades. Die Ablesung der Indexteilung geschieht vom Okular aus mittels einer wenig vergrößernden Lupe. Das Fernrohr ist mit der Drehachse fest verbunden und besitzt auf der Okularseite ein Übergewicht. An der horizontalen Drehachse ist ein zur optischen Achse des Fernrohrs senkrechter Hebel befestigt, dessen dem Objektiv zugewendete Kante genau durch das Zentrum der

Horizontalachse hindurch geht. Es wird daher jede Bewegung des Hebels auf das Fernrohr übertragen und bewirkt ein Heben oder Senken (Kippen) desselben. In einer bestimmten konstanten Entfernung Δ (Fig. 2) seitwärts des Fernrohrs befindet sich eine horizontale Schiene *SS*, auf der ein Schieber verschiebbar und festklemmbar ist. An diesem Schieber ist eine sogenannte Tangentialkippschraube befestigt, die mittels einer Stahlschneide auf den mit dem Fernrohr verbundenen Hebel wirkt. Die Verschiebung der Stahlschneide ist konstant, weil die Bewegung des kleinen Hebels *k*, der zur Betätigung der Tangentialkippschraube dient, durch Anschläge *ab* begrenzt ist (Fig. 3).

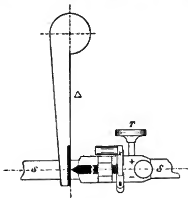


Fig. 2.

Das Okular ist mit einem Filarschraubenmikrometer mit feststehendem Horizontal- und Vertikal-Faden und beweglichem Horizontal-Faden versehen. Der Kopf des Filarmikrometers läßt sich drehen, sodaß die Mikrometertrommel nach abwärts oder, um 180° gedreht, nach aufwärts zu stehen kommt. Wenn am Indexkreis + abgelesen wird, so soll der Mikrometerkopf oben sein, im Falle der Ablesung — unten. Um darauf stets hinzuweisen, sind am vorderen Fernrohrende oben und unten Schildchen mit dem Zeichen + bezw. — angebracht.



Fig. 3

Der Horizontalkreis ist so geteilt, daß man Zehnergrade (also z. B. 32 statt 320) an einem Zeiger mit freiem Auge unmittelbar abliest. Die Einer sind direkt im Schätzmikroskop sichtbar. Jeder Grad ist in 6 Teile zu 10 Minuten geteilt, und das zehnteilige Schätzmikroskop gibt die Minute direkt und 15 Sekunden noch gut durch Schätzung.

Das Instrument besitzt ein anallaktisches Fernrohr. Im folgenden geben wir die Theorie ganz allgemein für ein gewöhnliches Fernrohr. Der Unterschied zeigt sich nur bei der Höhenmessung, für die Distanzmessung ist es einerlei, ob das Fernrohr anallaktisch ist oder nicht.

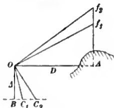


Fig. 4.

Theorie des Instrumentes. Es werde eine vertikalgestellte Latte benutzt, und es seien $f_1 f_2$ (Fig. 4) die Lattenablesungen vor und nach der Kippung sowie $C_1 C_2$ die ihnen entsprechenden Stellungen des Kippexzenters. Ist noch $OA = D$ die horizontale Entfernung der Latte von der Instrumentenmitte sowie $\Delta = OB$ die Tiefe der Schieberachse unter der Kippachse, so ergibt sich aus Fig. 4 unmittelbar

$$D = \frac{\Delta}{C_2 - C_1}(f_1 - f_2).$$

Wird nun

$$C_2 - C_1 = \frac{\Delta}{100} = s$$

gemacht, so folgt

$$D = 100\,(f_1 - f_2) \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 1)$$

d. h. *die horizontale Distanz ist gleich dem hundertfachen Betrage der Differenz der Ablesungen des festen Fadens vor und nach der Kippung.*

Um die Formel für den Höhenunterschied zu erhalten, betrachten wir Fig. 5. Hier ist O der Mittelpunkt des Instrumentes und

$$OC = D = \frac{\Delta}{s}(f_1 - f_2)$$

die Horizontaldistanz der Latte vom Instrumentenstandpunkte. Der Höhenwinkel bei „*Hebel oben*" sei α, jener bei „*Hebel unten*" $\alpha + d\alpha$. Man hat dann

$$Cf_1 = D \operatorname{tg} \alpha$$
$$Cf_2 = D \operatorname{tg}(\alpha + d\alpha).$$

Der optische Mittelpunkt des Objektivs sei A, und es werde gesetzt

$$OA = \delta, \qquad \measuredangle BAO = i,$$
$$BO = q, \qquad \measuredangle ABO = \varphi,$$

sodaß $\varphi = \alpha + d\alpha - i$ wird. Aus Fig. 5 ergibt sich dann $Cb = (D + q)\operatorname{tg}\varphi$ oder, da $q = \frac{\delta}{\sin\varphi}\sin i$ ist,

Fig. 5.

$$Cb = D \operatorname{tg}\varphi + \frac{\delta \sin i}{\cos\varphi}.$$

Soll nun die Schraube so gestellt werden, daß

$$Cb - Cf_1 = (Cf_2 - Cf_1)\operatorname{tg}\alpha$$

ist, so muß auch gelten

$$D(\operatorname{tg}\varphi - \operatorname{tg}\alpha) + \frac{\delta \sin i}{\cos\varphi} = D[\operatorname{tg}(\alpha + d\alpha) - \operatorname{tg}\alpha]\operatorname{tg}\alpha \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 2)$$

Beachtet man, daß

$$\operatorname{tg}(\alpha + d\alpha) - \operatorname{tg}\alpha = \frac{\operatorname{tg} d\alpha}{\cos^2\alpha}$$

ist, und genügend genau

$$\operatorname{tg}\varphi - \operatorname{tg}\alpha = \frac{\operatorname{tg} d\alpha - \operatorname{tg} i}{\cos^2\alpha},$$

ebenso, daß wegen der Kleinheit des Winkels i

$$\frac{\delta \sin i}{\cos\varphi} = \frac{\delta \operatorname{tg} i}{\cos\alpha}$$

gesetzt werden kann, so geht die Gleichung 2) über in

$$\frac{\operatorname{tg} i}{\cos^2\alpha}\left(1 - \frac{\delta}{D}\cos\alpha\right) = \frac{\operatorname{tg} d\alpha}{\cos^2\alpha}(1 - \operatorname{tg}\alpha).$$

Es ist aber

$$\frac{\operatorname{tg} d\alpha}{\cos^2\alpha} = \frac{s}{\Delta}.$$

Man hat also

$$\operatorname{tg} i = \frac{s}{\Delta}\,\frac{(1 - \operatorname{tg}\alpha)\cos^2\alpha}{1 - \frac{\delta}{D}\cos\alpha} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 3)$$

Bezeichnet man den dem Winkel i entsprechenden Schraubenstand mit σ und setzt die Entfernung der Schraube von der Instrumentenmitte $OE = e$, so folgt

$$\operatorname{tg} i = \frac{\sigma}{e + \delta}$$

und damit

$$\sigma = \frac{s}{\Delta} \frac{e + \delta}{1 - \frac{\delta}{D} \cos \alpha} (1 - \operatorname{tg} \alpha) \cos^2 \alpha \quad . \quad . \quad . \quad 4)$$

Diese Formel kann man einfacher schreiben. Sei σ für $\alpha = 0$ gleich σ_0, also

$$\sigma_0 = \frac{s}{\Delta} \frac{e + \delta}{1 - \frac{\delta}{D}} \quad . \quad . \quad . \quad 5)$$

so wird

$$\sigma = \sigma_0 \frac{1 - \frac{\delta}{D}}{1 - \frac{\delta}{D} \cos \alpha} (1 - \operatorname{tg} \alpha) \cos^2 \alpha .$$

Der Bruch

$$\frac{1 - \frac{\delta}{D}}{1 - \frac{\delta}{D} \cos \alpha}$$

ist praktisch gleich der Einheit; dadurch geht die Gl. 4) über in

$$\sigma = \sigma_0 (1 - \operatorname{tg} \alpha) \cos^2 \alpha \quad . \quad . \quad . \quad 6)$$

Wird daher der bewegliche Faden gegen den festen um den Schraubenwert σ verstellt, so ist

$$b - f_1 = (f_2 - f_1) \operatorname{tg} \alpha$$

oder

$$H = (f_1 - b) \times 100 \quad . \quad . \quad . \quad 7)$$

Die Indexteilung des Kreises gibt zum jeweiligen Winkel α den entsprechenden Wert von σ.

Beim anallaktischen Fernrohr ist nun $\delta = 0$, d. h. σ_0 wird eine Konstante.

Genauigkeitsversuche. Diese wurden mit einem nicht anallaktischen Instrumente ausgeführt. Das Fernrohr hatte eine Brennweite von etwa 25 *cm* bei einer Objektivöffnung von 30 *mm* und eine solche Vergrößerung, daß man noch auf 100 *m* Distanz die Millimeter leidlich schätzen konnte. Die Versuche sind überhaupt die ersten, welche mit dem Instrument ausgeführt wurden, und sind demnach keine ausgesuchten Reihen. Auch die Latte war eine gewöhnliche Latte, bei welcher die Teilung nicht auf ± 1 *mm* sicher war. Sie wurde deswegen genommen, um Verhältnisse zu haben, die möglichst der Praxis entsprechen. Hr. Prof. Widt vom hiesigen Polytechnikum hatte die Freundlichkeit, diese Versuche anzustellen; sie enthalten eine doppelte Bestimmung der Höhendifferenzen nach den beiden Gleichungen

$$H = 100 (f_1 - f_2) \operatorname{tg} \alpha \quad . \quad . \quad . \quad I)$$

$$H = 100 (f_1 - b) \quad . \quad . \quad . \quad II)$$

um die Leistungsfähigkeit beider Formeln zu zeigen. Die erste Formel gibt natürlich die Höhendifferenz genauer, erfordert aber die Ablesung des Höhenwinkels; die zweite ist, wie man aus den Versuchen sieht, praktisch genau genug. Durch die Möglichkeit der Anwendung zweier Formeln hat man den nicht zu unterschätzenden Vorteil, die Methode je nach der Wichtigkeit des Punktes wählen zu können. Auch braucht die Messung nicht unterbrochen zu werden, wenn etwa der eine Faden reißen sollte.

Der erste Versuch zeigt, daß man in 1 oder 2 Minuten eine Distanz mit der Genauigkeit der Stahlbandmessung ohne alle Rechnung erhalten kann. Bei diesem Instrumente ist also die Stahlbandmessung entbehrlich, ein Vorteil, den jeder wird würdigen können, der je in verkehrsreichen Straßen mit dem Stahlmeßband gearbeitet hat.

1. Versuch. 21. Nov. 1904. 3^h p. Beob. Láska.
Freistehende Latte. Korridor des Polytechnikums. Mangelhafte Beleuchtung.

	9,95	20,00	29,90	79,80
	10,00	20,00	30,10	80,10
	10,05	20,10	30,15	80,20
	10,05	20,05	29,95	80,00
	10,05	20,05	30,00	80,00
Mittel:	10,02	20,04	30,02	80,02
Gemessene Distanz:	10,03	20,03	30,03	80,00

Mittlere Zeitdauer einer Gruppe von 5 Messungen einer Entfernung: 1 Min. 30 Sek.

2. Versuch. 28. Nov. 1904. 12^h mittags. Beob. Widt.
Gewöhnliche Latte, frei aus der Hand gehalten. Garten des Polytechnikums. Neblig.
Die Messung zur Kontrolle zweimal gemacht.

	5,05	20,05	40,00	80,10	99,90	140,10
	5,00	20,00	39,90	79,95	100,10	140,30
Mittel:	5,02	20,02	39,95	80,02	100,00	140,20
Gemessene Distanz:	5,00	20,00	40,00	80,00	100,00	140,00

3. Versuch. 28. Nov. 1904. 1^h p. Beob. Widt.
Gewöhnliche Latte, auf der Plattform des Observatoriums aufgestellt. Die Visur geht über Dächer.
Wallende Bilder.

Die genauen zu bestimmenden Werte waren

$D = 36{,}90 \qquad H = 13{,}60.$

Die gemachten Ablesungen waren

			1. Ablesung	2. Ablesung
i	2,98	f_1	1,1580	1,1565
α	18° 48′	b	1,0335	1,0335
		f_2	0,7890	0,7885
i	3,04	f_1	1,5110	1,5080
α	18° 8′	b	1,3890	1,3885
		f_2	1,1410	1,1390
i	3,11	f_1	1,9165	1,9150
α	17° 34′	b	1,7990	1,7985
		f_2	1,5485	1,5475
i	3,14	f_1	2,1365	2,1360
α	17° 15′	b	2,0205	2,0200
		f_2	1,7665	1,7670

Daraus ergibt sich:

	Distanz		Höhendifferenz: Formel I)		Mittel	Formel II)		Mittel
	36,90	36,80	12,55	12,51	12,53	12,45	12,30	12,37
	37,00	36,90	12,10	12,06	12,08	12,20	11,95	12,07
	36,80	36,75	11,66	11,64	11,65	11,75	11,65	11,70
	37,00	36,90	11,51	11,42	11,46	11,60	11,60	11,60
Mittel:	36,92	36,84						

Die Größe $H + f_1$, die überall gleich sein soll, beträgt

Formel I)		Formel II)	
13,71	13,67	13,61	13,46
13,61	13,57	13,71	13,46
13,58	13,56	13,67	13,57
13,65	13,56	13,74	13,74
13,64	13,59	13,68	13,55

Praktisch genommen ist also die Übereinstimmnng beider Formeln eine vollkommene.

Die Kippregel. Dasselbe Prinzip läßt sich natürlich anch auf die Kippregel auwenden. Vorläufig wird nur eine Form derselben hergestellt, welche für Meßtisch-Aufnahmen ohne Rücksicht auf die Höhenunterschiede konstruiert ist. Das Lineal ist in Millimeter geteilt, das Fernrohr mit einem festen Fadenkreuz ohne beweglichen Faden versehen. Um die Aufnahme in beliebigem Maßstab zn ermöglichen, ist die Distanz der Anschlagsschrauben veränderlich gemacht.

Wird beispielsweise der Hebel 1 : 1440 eingesetzt, so ist die Entfernungskonstante nicht mehr 100, sondern

$$100 \cdot \frac{1000}{1440}.$$

Durch Senkung des Fernrohrs wird also nicht die Länge l, sondern die Länge

$$l' = l \frac{1000}{1440}$$

dnrchlaufen, welche der Entfernnng $l \times 100$ im Maßstabe 1 : 1440 entspricht. Mit einer solchen Kippregel kann man also ohne weiteres die Aufnahme in einem beliebigen Maßstab machen und anfzeichnen.

Einrichtungen für Präzisionsmessungen. Für Präzisionsmessungen sowie für sehr große Zielweiten kann noch in nachstehender Weise vorgesorgt werden. Die horizontal liegende Sehnbstange wird nicht fest, sondern mittels einer Feinbewegungsschraube mit Trommelteilung mit dem Träger verbnnden.

Der Meßvorgang ist dann der folgende.

Es wird mittels der eben erwähnten Mikrometerschraube der Horizontalfaden genau auf einen vollen Dezimeterstrich oder bei größeren Distanzen auf die Mitte desselben eingestellt. Hierauf wird nach Ablesnng des Fadens das Fernrohr gekippt und der Faden sowie die Mikrometerstellnng abgelesen. Nacher wird mittels des Mikrometers der feste Faden auf einen (am besten den nachfolgenden) vollen Dezimeterstrich bezw. Dezimetermitte eingestellt und das Mikrometer nochmals abgelesen. Auf diese Weise wird die Lattenablesung auf eine Mikrometerablesnng rednziert. Mit der genäherten Distanz, welche man durch die Fadenablesung erhält, nnd der Differenz der Mikrometerablesnngen wird dann in eine graphische Tafel (Nomogramm) eingegangen, welche die Differenz zwischen Fadenstellnng und dem Zentimeter-Voll- oder -Halbstrich liefert. Eine praktische Verwendung findet dieses Verfahren beim Tachymetrieren auf große Distanzen. Man macht hier die Konstante nicht gleich 100, sondern etwa gleich 500 und verwendet eine in *Dezimeter* geteilte Latte. Man kann auf diese Weise (entsprechende Luftruhe natürlich vorausgesetzt) selbst bei 500 nnd mehr Meter Distanz Resultate erreichen, welche der direkten Messung nicht viel nachstehen. Diese Feinstellung wird an dem für gewöhnliche Tachymetrie bestimmten Instrument nicht angebracht, sondern nur auf Verlangen geliefert.

Neue stereoskopische Versuche, insonderheit Demonstration der durch die Erweiterung des Objektivabstandes hervorgerufenen spezifischen Wirkung der Zeissschen Doppelfernrohre.

Von
Dr. C. Pulfrich in Jena.
(Mitteilung aus der optischen Werkstätte von Carl Zeiss.)

Die durch die Erweiterung des Objektivabstandes erzielte spezifische Wirkung der Zeissschen Doppelfernrohre besteht bekanntlich in einer dieser Erweiterung proportionalen *Steigerung des Tiefenunterscheidungsvermögens*, wie sie bei Doppelfernrohren ohne erweiterten Objektivabstand nur durch eine entsprechend stärkere Fernrohrvergrößerung bewerkstelligt werden kann. Diese Wirkung ist bei den Doppelfernrohren mit 5- bis 20- und mehrfach erweitertem Objektivabstand, z. B. bei den Stereotelemetern und den Reliefaussichtsfernrohren, für jeden, der einigermaßen stereoskopisch sehen kann, sofort erkennbar. Bei den für den Handgebrauch bestimmten Zeiss-Feldstechern hingegen, bei denen der Objektivabstand nur das $1^3/_4$-fache des Okularabstandes beträgt, ist sie im Verhältnis zu den vorgenannten Instrumenten gering und wird daher von vielen Personen entweder nicht bemerkt oder als nebensächlich bezeichnet. Daß sie auch hier vorhanden ist, ist selbstverständlich und bedarf keines Beweises. Überdies ist sie experimentell durch ausgedehnte Messungen von seiten des Hrn. O. Hecker[1]) nachgewiesen worden.

Daß diese Wirkung nicht zu vernachlässigen ist und speziell für die größeren Entfernungen auch von großer praktischer Bedeutung sein kann, zeigt die nachstehende Tabelle. In ihr sind an erster Stelle angegeben die Konvergenzwinkel Δ der Augenachsen im freien Sehen, beginnend mit Null und zunehmend um $^1/_2{}'$, demjenigen mittleren Grenzwert, der im freien Sehen eben noch als Tiefenunterschied

Tabelle.
Ausdehnung des Feldes der stereoskopischen Wahrnehmung.
$$\left(\text{Entfernung} = \frac{\text{Augenabstand}}{\text{Konvergenzwinkel}} \times \text{Totale Plastik}\right)$$

Δ	Im freien Sehen	im Feldstecher			
		6 ×	8 ×	6 ×	8 ×
		mit *normalem* Objektivabstand		mit $1^3/_4$-mal *erweitertem* Objektivabstand	
	Tot. Plastik = 1	6	8	10,5	14
0	∞	∞	∞	∞	∞
0,5' (Grenze)	440 *m*	2640 *m*	3520 *m*	4620 *m*	6160 *m*
1'	220	1320	1760	2310	3080
1,5'	147	880	1173	1540	2053
2'	110	660	880	1155	1540
2,5'	88	528	704	924	1232
3'	73	440	587	770	1027
3,5'	63	377	503	660	880
4'	55	330	440	577	770
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.

[1]) O. Hecker, Über den Zusammenhang von Objektivdistanz und stereoskopischem Effekt beim Sehen durch Doppelfernrohre. *Diese Zeitschr.* **22.** *S. 372. 1902.*

wahrnehmbar ist. Es folgen dann die im freien Sehen diesen Winkeln entsprechenden Entfernungen $E = A/\Delta$ für einen mittleren Augenabstand $A = 65$ *mm* und endlich die den gleichen Konvergenzwinkeln zugehörigen Entfernungen, multipliziert mit der Fernrohrvergrößerung und der Basisvergrößerung einiger der bekannteren Feldstecher.

Aus der Tabelle ist ohne weiteres zu ersehen, wie der erweiterte Objektivabstand sich nicht allein durch ein weiteres Hinausrücken der Grenze des stereoskopischen Sehens, sondern auch durch eine feinere Differenzierung des Objektraumes innerhalb des Feldes der stereoskopischen Wahrnehmung bemerkbar macht. Der Zeiss-Feldstecher 6-fach ist in dieser Hinsicht selbst dem Feldstecher 8-fach mit normalem Objektivabstand überlegen. Noch übersichtlicher gestaltet sich dieser Vergleich durch die ohne weiteres verständliche graphische Darstellung der Tabellenwerte in Fig. 1.

Ausdehnung des Feldes der stereoskopischen Wahrnehmung.

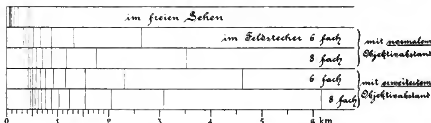


Fig. 1. Gegenstände in den durch die Striche bezeichneten Entfernungen erscheinen dem Augenpaar unter dem Konvergenzwinkel von $^1/_2{}'$, $1'$, $1^1/_2{}'$ ....

Der angegebene Wert von $^1/_2{}'$ als Grenze des Tiefenunterscheidungsvermögens ist für normale Beobachter leicht erreichbar. Für Personen mit einem besonders gut entwickelten Tiefenunterscheidungsvermögen (10″ und weniger) ist natürlich die Ausdehnung des Feldes der stereoskopischen Wahrnehmung entsprechend größer und die Differenzierung des Objektraumes innerhalb dieses Feldes entsprechend feiner, als aus der vorstehenden Tabelle und der Fig. 1 zu ersehen ist. Daß für solche Personen auch die durch die Erweiterung des Objektivabstandes gesteigerte Tiefenwirkung eine erhöhte praktische Bedeutung hat, liegt auf der Hand. Andererseits bedeuten diese Vorteile für Personen, die schlecht oder so gut wie gar nicht stereoskopisch sehen können, nichts. Bei ihnen kommt ein Doppelfernrohr auch mit normalem Objektivabstand nicht zu der seiner spezifischen Bedeutung entsprechenden Wirkung, und ein *monokularer Feldstecher tut für solche Personen genau das gleiche wie ein Doppelfernrohr*. Dasselbe gilt für diejenigen Personen, die aus Angewohnheit — und deren gibt es nicht wenige — das eine der beiden Augen bei Benutzung eines Doppelfernrohres zukneifen bezw. bewußt oder unbewußt den Eindruck, den das eine, in der Regel minderwertige Auge erhält, unterdrücken.

Im folgenden nun werde ich über ein Verfahren berichten, das die Möglichkeit bietet, die in Frage stehende Wirkung ohne irgendwelche subtile Messungen direkt zu demonstrieren. Das Verfahren, welches auch für mancherlei andere Fragen des stereoskopischen Sehens großes Interesse darbietet, besteht darin, daß man vor die Objektive eines Feldstechers die im folgenden näher beschriebenen Reflexionsprismen setzt, wodurch dann der Beobachter in den Stand gesetzt ist, *gleichzeitig mit zwei verschiedenen Augenabständen* oder, was dasselbe bedeutet, *gleichzeitig durch zwei Doppelfernrohre*

von genau der gleichen Fernrohrvergrößerung aber verschiedenem Objektivabstand die Außendinge zu betrachten. Bei diesem gleichzeitigen Vergleich der Tiefenfolge der von den beiden Doppelfernrohren gelieferten Raumbilder tritt dann die den Zeiss-Feldstechern eigentümliche Eigenschaft, die gesteigerte Tiefenwirkung, *unmittelbar* in die Erscheinung.

Die eigentliche Veranlassung zu den im folgenden zu beschreibenden Versuchen war durch das Studium des von mir konstruierten *Stereo-Planigraphen*[1]) gegeben, und es schließt sich der erste dieser Versuche unmittelbar an die *a. a. O.* in Fig. 6, *S. 147* dargestellte Versuchsanordnung an. Ersetzt man nämlich die beiden zum Betrachten der beiden Bilder P_1 und P_2 (siehe Fig. 5, *S. 146*) dienenden Objektive O_1 und O_2 durch zwei rechtwinkelige Reflexionsprismen R_1 und R_2, deren spiegelnde Fläche der halbdurchsichtigen Silberschicht des benachbarten Würfels W_1 bezw. W_2 parallel gerichtet ist, so entsteht die in nebenstehender Fig. 2 skizzierte Anordnung, und es ist sofort zu sehen, daß, wenn wir mit den beiden Augen A_1 und A_2 und dem Augenabstand A durch die Prismenanordnung hindurchsehen, der Effekt der gleiche ist, wie wenn wir im freien Sehen gleichzeitig mit einem zweiten Augenpaar B_1 und B_2 und dem auf B erweiterten Augenabstand die Außendinge betrachten würden. In der Tat sehen wir bei dieser Anordnung alle Gegenstände der Außenwelt doppelt, d. h. wir sehen an Stelle des einen Gegenstandes im Raume deren jedesmal *zwei*, die, je nach der Stellung der Prismen zueinander, an verschiedenen Stellen des Raumes hinter oder neben einander gelegen sind. Ausgedehnte Gegenstände durchdringen sich hierbei gegenseitig, und es treten daher die beiden Raumbilder in größter Deutlichkeit nur bei isoliert stehenden Objekten von geringer Ausdehnung, z. B. bei Lampen im Zimmer, Turm- und Baumspitzen, entfernten Lichtern u. s. w., in die Erscheinung.

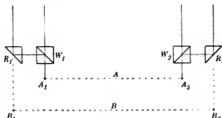


Fig. 2.

Die ungestörte Wahrnehmung der beiden Raumbilder und deren Tiefenfolge hängt aber außer von der Beschaffenheit des Gegenstandes auch noch von der in Fig. 2 dargestellten Prismenkombination selbst ab. Sind nämlich die spiegelnden Flächen des Prismas R und des Würfels W einander genau parallel, so tritt das eine Raumbild des Gegenstandes in der mittleren Blickrichtung des Beobachters unmittelbar vor das andere Raumbild, und wir haben dann dieselbe Störung, die auch im freien Sehen überall da bemerkt wird, wo zwei identische oder verschiedene Objekte so hinter einander aufgestellt sind, daß ihre Verbindungslinie auf das eine oder das andere Auge oder auf einen zwischen gelegenen Punkt gerichtet ist. Hält man z. B. zwei Bleistifte in der angegebenen Weise hinter einander, so sieht man immer nur den einen oder den anderen, niemals beide gleichzeitig einfach, und es bildet der eine Gegenstand immer eine für die stereoskopische Betrachtung des anderen unangenehm empfundene Störung. Ebensowenig gelangt bei diesem Versuch die Strecke zwischen den beiden Gegenständen zur unmittelbaren Wahrnehmung; denn man sieht sie entweder nur mit einem Auge oder aber mit beiden Augen von zwei verschiedenen Seiten.

[1]) *Diese Zeitschr.* **23.** *S. 133. 1903.*

Diese Störung können wir sofort in Wegfall bringen, wenn wir die beiden im freien Sehen betrachteten Gegenstände so hinter einander aufstellen, daß ihre Verbindungslinie links oder rechts, über oder unter dem Augenpaar des Beobachters vorbeigeht. Denn dann fallen die Netzhautbilder nicht mehr wie vorher auf zwei verschiedene Hälften der Netzhaut, sondern in jedem Auge auf die gleiche und an eine Stelle derselben, die erheblich weiter ab vom gelben Fleck gelegen ist als vorher. Damit zusammenhängend wird jetzt auch die Strecke zwischen den beiden Gegenständen von der gleichen Seite gesehen, und man kann in größter Bequemlichkeit im stereoskopischen Sehen der gewissermaßen frei im Raume schwebenden Verbindungslinie entlang von dem näheren zum entfernteren Objekt und umgekehrt übergehen. Dementsprechend gelangt dann auch die Kluft zwischen den beiden Objekten ungestört zur Wahrnehmung. Die gleichen Versuche mit dem gleichen Erfolge lassen sich mit einem Stabe anstellen, den man nacheinander so vor das Auge hält, daß er in die Verbindungslinie der beiden vorgenannten Objekte zu liegen kommt.

Um bei unserer Prismenkombination die angegebene Störung zu beseitigen, ist nur erforderlich, die Stellung der beiden äußeren Prismen durch Drehen auf ihrer Unterlage so zu regulieren, daß der durch Würfel und Prisma monokular gesehene Gegenstand entweder rechts oder links, in beiden Fällen aber auf der gleichen Seite und in dem gleichen, nicht zu großen Abstande von dem durch den Würfel allein monokular gesehenen Gegenstande erscheint, wobei auch darauf noch geachtet werden muß, daß die beiden Bilder links und rechts in der gleichen Höhe sich befinden. Gibt man den Prismen auf ihrer Auflagefläche eine dünne Schicht von hartem Fett, so lassen sich die vorbeschriebenen Justierungen der einzelnen Prismen leicht mit der Hand bewerkstelligen.

Es ist jetzt noch eine letzte *Feinjustierung* vorzunehmen, die darin besteht, daß man mit beiden Augen durch die Prismenkombination hindurch nach einem entfernten, d. h. außerhalb des Feldes der stereoskopischen Wahrnehmung gelegenen Gegenstande ausschaut und dann durch vorsichtiges Drehen eines der beiden äußeren Prismen die diesem Gegenstande zugehörigen beiden Raumbilder auf genau die gleiche scheinbare Entfernung einstellt. Für Objekte in dieser Entfernung ist nämlich der Konvergenzwinkel der Augenachsen sowohl für den normalen als auch für den erweiterten Augenabstand praktisch gleich Null und daher der Unterschied der beiden Augenabstände gegenstandslos.

Sind die Prismen in dieser Weise justiert, so bleiben, wie sofort zu sehen ist, auch für jeden *innerhalb* des Feldes der stereoskopischen Wahrnehmung gelegenen Gegenstand die Konvergenzwinkel der Augenachsen von A_1 und A_2 bezw. B_1 und B_2 aus (α und β in Fig. 3) beim Durchblick durch die Prismenkombination (Fig. 4) unverändert. Das mit dem größeren Augenabstand, also durch Würfel und Prisma gesehene Raumbild (O' in Fig. 4) erscheint daher stets unter einem *größeren Konvergenzwinkel* und aus diesem Grunde *dem Beobachter näher gelegen* als das mit dem normalen Augenabstand durch den Würfel allein gesehene Raumbild O. *Diese Wirkung macht sich schon sehr bald diesseits der Grenzen des Feldes der stereoskopischen Wahrnehmung bemerkbar und wird mit der Annäherung des Objektes an den Beobachter, dem immer mehr zunehmenden Unterschied der beiden Konvergenzwinkel entsprechend, immer größer.*

Um nun auch bei einem Doppelfernrohr die durch die Erweiterung des Objektivabstandes bewirkte Steigerung der Tiefenwahrnehmung in gleicher Weise wie bei der vorstehend beschriebenen Prismenkombination demonstrieren zu können, brauchen

wir nur zwischen das Augenpaar und unsere Prismenkombination einen Feldstecher einzuschalten, dessen Objektivabstand mit dem Abstand A der beiden Würfel in Fig. 2 übereinstimmt. Der Effekt ist dann im wesentlichen der gleiche, nur mit dem Unterschied, daß der Radius des Feldes der stereoskopischen Wahrnehmung nach Maßgabe des Produktes aus Fernrohrvergrößerung und Erweiterung des Objektivabstandes größer und ebenso die Differenzierung des Objektraumes entsprechend feiner ist als im freien Sehen. Dementsprechend sind aber auch die Anforderungen an die Beschaffenheit der Prismenflächen und an die Feinjustierung der ganzen Anordnung wesentlich höhere.

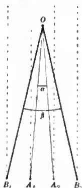


Fig. 3.

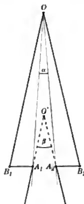


Fig. 4.

Dieser Umstand läßt unsere Prismenkombination als wenig geeignet für die in Frage stehenden Demonstrationen erscheinen, und ich habe daher für diesen Zweck *andere Prismen* herstellen lassen, bei denen die rechte und die linke Hälfte der Prismenkombination aus je einem Stück angefertigt ist, und bei denen der Unterschied zwischen den beiden Abständen A und B der Fig. 2 der Erweiterung des Objektivabstandes bei den Zeiss-Feldstechern ungefähr gleich ist. Ihre Form ist aus Fig. 5 zu ersehen. Es sind zwei Rhomboederprismen, von denen der in der Figur schraffierte Teil in der Blickrichtung lamellenförmig ausgearbeitet ist, sodaß man hierbei nicht wie in Fig. 2 durch den Glaswürfel, sondern durch die Luft hindurchschaut. Der Neigungswinkel der beiden spiegelnden Flächen s und S ist in Anrechnung der Fernrohrvergrößerung nur einige 20 Minuten. Damit die beiden neben einander liegenden Raumbilder eines weit entfernten Gegenstandes auch hier in die gleiche scheinbare Entfernung zu liegen kommen, muß der Neigungswinkel für beide Prismen bis auf Sekunden genau gleich gemacht werden. Es kann das leicht dadurch erreicht werden, daß man das eine Prisma umgekehrt auf das andere legt, wobei dann die in Fig. 5 mit den Buchstaben a, b, c und d bezeichneten Teile über einander sich befinden, und dann die beiden so verkitteten Prismen zusammen schleift und poliert.

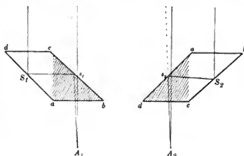


Fig. 5.

Jedes der beiden Prismen ist mit einer Fassung versehen, die so beschaffen ist, daß man sie leicht auf den vorstehenden Rand der Objektivfassung eines Zeiss-Feldstechers aufstecken und dort festklemmen kann. In der in Fig. 5 angedeuteten Lage der Prismen wird der Objektivabstand des Zeiss-Feldstechers durch sie noch mehr erweitert, man kann die Prismen aber auch, wie die Gesamtanordnung in Fig. 6 zeigt, so aufstecken, daß die beiden Flächen, durch die die Lichtstrahlen in die

Prismen einfallen, den Okularen gerade gegenüber liegen. *In diesem Falle entsprechen dann die Versuchsbedingungen vollkommen der uns gestellten Aufgabe.*

Bei der Handhabung der Prismen ist endlich noch zu beachten, daß die beim Schleifen der Prismenflächen leicht eintretenden sogenannten Pyramidalfehler eine Verschiedenheit in der Höhenlage der neben einander liegenden Bilder herbeiführen, wodurch das stereoskopische Sehen mehr oder weniger gestört wird. Man kann aber diese Höhendifferenz durch Drehen des einen oder des anderen Prismas um die Objektivachse des Fernrohres — *nach* erfolgter Regulierung des Okularabstandes — leicht wieder beseitigen.

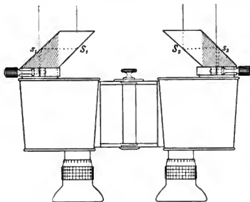


Fig. 6.

In dieser Weise vorgerichtet, bedeutet unsere Versuchsanordnung ein bequemes Mittel, die Wirkung des erweiterten Objektivabstandes selbst bis zu den äußersten — erweiterten — Grenzen des Feldes der stereoskopischen Wahrnehmung zu verfolgen, wobei aber vorausgesetzt ist, daß die beiden Einzelfernrohre genau die gleiche Objektivbrennweite besitzen, was bekanntlich bei Feldstechern im allgemeinen nicht immer oder nicht immer in gleichem Maße der Fall ist. Denn im vorliegenden Falle bedeutet jeder noch so kleine Unterschied der Bildgröße der beiden Fernrohre eine Störung unseres Experimentes bezw. eine Fälschung des beobachteten Tiefenunterschiedes der beiden Raumbilder, und es kann daher vorkommen, daß die oben für die Objekte jenseits der Grenze des Feldes der stereoskopischen Wahrnehmung verlangte Gleichheit der Entfernung der beiden Raumbilder bereits innerhalb des Feldes der stereoskopischen Wahrnehmung oder überhaupt nicht in die Erscheinung tritt.

Bei den sämtlichen vorstehend beschriebenen Versuchen macht sich eine *Nebenwirkung* in ganz besonders auffälliger Weise bemerkbar, auf die ich, da sie leicht zu irrigen Vorstellungen Veranlassung gibt, noch mit einigen Worten näher eingehen möchte. Diese Erscheinung besteht darin, daß gleichzeitig mit dem Entfernungsunterschied der beiden Raumbilder auch ein *Unterschied ihrer Größe* bemerkt wird, und zwar stets in dem Sinne, daß das näher gelegene, mit dem erweiterten Objektivabstand gesehene Raumbild *kleiner* erscheint als das mit dem normalen Augenabstand gesehene.

Die Erklärung dieser Erscheinung beruht auf dem schon vor Helmholtz[1]) bekannten Umstande, daß ein mit erweitertem Augenabstand betrachteter Gegenstand unter genau den gleichen geometrischen Bedingungen sich dem Beobachter darbietet[2]) wie ein der Basisvergrößerung entsprechend verkleinertes und dem Beobachter näher gerücktes *Modell* bei ungeändertem Augenabstand. *Irgendwelche Einbuße an Bildschärfe oder eine Schädigung des Unterscheidungsvermögens des Auges für die Erkennung von Bild-*

[1]) Brewster. *Description of different stereoscopes etc. Trans. Roy. Soc., Edinburgh* **3**, *IV. S. 261. 1850.*

[2]) Vgl. meine früheren Ausführungen über den Stereo-Planigraphen. *diese Zeitschr.* **23.** *S. 142. 1903.*

differenzen ist aber mit dieser modellartigen Verkleinerung des Raumbildes nicht vorhanden, denn die Winkelausdehnung des Bildes bleibt ja ungeändert. In der Tat braucht man nur das eine der beiden Augen zuzuhalten, und man sieht dann die beiden Bilder in genau der gleichen Größe. Die Verkleinerung des Raumbildes besteht also nur in der Vorstellung des Beobachters als eine Art *Reflexvorstellung*, hervorgerufen dadurch, daß wir das eine der beiden Raumbilder für näher erachten als das andere, geradeso wie ein entferntes Haus, das wir mit einem Finger der ausgestreckten Hand für unser Auge leicht zudecken können, in unserer Vorstellung sofort den modellartigen Charakter annimmt, sobald wir uns denken, daß das Haus in der Entfernung des Fingers sich befinde.

Es ist natürlich, daß jemand, der sich nur oberflächlich mit den vorliegenden Fragen nnd Erscheinungen beschäftigt, durch die modellartige Verkleinernng des näher gerückten Ranmbildes leicht irre geführt wird nnd zu dem Resultat gelangt, daß er diese Verkleinerung des Raumbildes direkt als einen Nachteil des erweiterten Objektivabstandes bezeichnet nnd den normalen Objektivabstand vorzieht, „da er ja größere Bilder gibt". Solchen Personen sei gesagt, daß sie das Raumbild *durch Verkürzung* des Objektivabstandes unter den normalen sogar *noch* größer machen können, daß aber diese ebenfalls „leere" Vergrößerung ebensowenig einen Gewinn für die Erkennnng von Einzelheiten des Bildes wie die Verkleinerung des Bildes bei vergrößertem Objektivabstand einen Verlust bedeutet. Wenn wirklich in der Hinsicht die Vergrößerung des Objektivabstandes als ein Nachteil anzusehen ist, wie schlimm muß es dann um die in den Doppelfernrohren von 1 und 2 *m* Objektivabstand oder gar um die im Stereo-Komparator betrachteten Bilder mit mehreren Hunderten von Meter Standlinie stehen!

Wir können übrigens genau die gleichen Erscheinungen auch in einem gewöhnlichen Stereoskop betrachten, wenn wir z. B. in der in Fig. 7 skizzierten Anordnung vier gleich große Kreise oder anch Geldstücke von gleicher Prägung so neben einander legen, daß der Abstand der beiden oberen Geldstücke verschieden ist von dem Abstand der beiden unteren Geldstücke, oder wenn wir den Abstand der zu einem Stereoskopbild zusammenwirkenden Geldstücke stetig verändern, oder wenn wir, wie in Fig. 8 angedeutet ist, das eine der beiden Paare durch zwei größere Geldstücke ersetzen, in welchem Falle dann die beiden Stereoskopbilder kaum noch einen Größennnterschied zu erkennen geben. Alle diese Versuche beweisen immer nur das eine, daß von zwei gleichzeitig gesehenen Stereoskopbildern das mit dem größeren Konvergenzwinkel gesehene Raumbild dem Beobachter näher und im Vergleich mit dem zweiten Stereoskopbild verkleinert erscheint, ohne daß damit aber irgend ein Anhaltspunkt für die Benrteilung seiner wahren Größe erzielt wird. Lassen wir das eine der beiden Stereoskopbilder fort, betrachten wir also im Stereoskop nnr *ein* Paar Geldstücke, so fehlt uns sofort jeder Anhalt für die Beurteilung der Entfernnng und damit anch jeder Maßstab für die Größe des Gegenstandes. Denn die Größe des Konvergenzwinkels allein, den wir bei der Betrachtung eines Stereoskopbildes in der Regel nicht einmal angenähert richtig angeben können, besagt für unsere Vorstellung von der Entfernung eines Gegenstandes überhaupt nichts[1]). Wir sind in unserm Urteil über die wahren Entfernungen des Raumbildes ebenso verlassen, wie wenn

[1]) Im *Stereo-Planigraphen* (*a. a. O.*) ist dieser Anhalt für die Beurteilung der Entfernung und der Größe der einzelnen Raumgebilde durch die gleichzeitig gesehenen, im Zimmer befindlichen uns bekannten Gegenstände gegeben.

wir uns in vollkommen dunkler Nacht einem unbekannten Lichtpunkt gegenüber befinden, und ein Urteil, wenn es überhaupt zustande kommt, ist dann das Resultat von anderweitigen, zum Teil unkontrollierbaren Empfindungen und Erfahrungen[1]). In letzter Linie verdanken wir unsere Kenntnis von der absoluten Entfernung und Größe der uns umgebenden Dinge nicht dem stereoskopischen Sehen, sondern dem Umstande, daß wir uns zwischen den Objekten bewegen und sie von allen Seiten betrachten und betasten können.

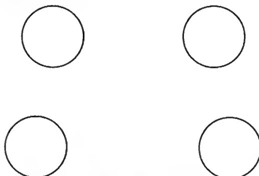


Fig. 7. Von den vier gleich großen Kreisen erscheint das obere Paar, im Stereoskop betrachtet, näher und *kleiner* als das untere.

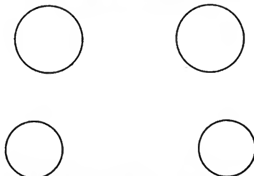


Fig. 8. Die Kreise erscheinen, durch das Stereoskop betrachtet, in verschiedener Entfernung, aber gleich groß.

Die Unsicherheit in der Beurteilung der absoluten Entfernung des Raumbildes geht sogar so weit, daß, wenn man den Konvergenzwinkel der Augenachsen, unter dem man im Stereoskop eine einzelne Marke betrachtet, durch Veränderung des Abstandes der beiderseitigen Bilder stetig abändert — etwa unter Benutzung des von mir konstruierten Stereo-Mikrometers[2]) — die scheinbare Bewegung des Raumbildes in der Richtung des Visionsradius, das sogenannte Wandern der Marke, dem

[1]) Jedenfalls werden Fälle, in denen Personen für die absolute Größe des Konvergenzwinkels der Augenachsen eine ähnliche eindeutige Empfindung haben, wie es Personen gibt, die im Gehör die Empfindung der absoluten Tonhöhe besitzen, nur äußerst selten sein.

[2]) Man verlange den Prospekt der Firma Zeiss über das neue Stereoskop und das zur Demonstration des stereoskopischen Meßverfahrens dienende Stereo-Mikrometer, Jena 1903.

Beobachter immer *nur dann* zum Bewnßtsein kommt, wenn in einem andern gleichzeitig sichtbaren Raumbilde, welches an der Bewegung des ersteren nicht teilnimmt, ein fester Anhalt für die Beurteilung des Tiefenunterschiedes gegeben ist. Fehlt aber dieser Anhalt, so sehen wir nnr noch die seitliche Verschiebung der einen Marke, aber die Vorstellnng des Wanderns nach der Tiefe ist nicht mehr vorhanden[1]). Das Experiment wirkt außerordentlich überraschend, verlangt aber znm Gelingen große Sorgfalt in der Isolierung der Marke. Bei dem Stereo-Mikrometer muß der Metallrahmen durch Objekte mit unregelmäßigen Konturen, die eine stereoskopische Vereinigung nicht znlassen, zngedeckt werden. Oft genügt, um das Experiment zn vereiteln, die Existenz zweier kleiner Schmutzflecken anf der Unterlage, die sich dann zu einem, den festen Anhalt gewährenden Raumbilde vereinigen.

Für die Beurteilnng der *Größe* eines entfernten Objektes oder eines im Stereoskop betrachteten Ranmbildes herrscht die gleiche Unsicherheit wie für die Beurteilnng der wahren Entfernnng, insofern nämlich ein Urteil über die Größe des Objektes immer nur auf Grund der Vorstellung, die wir uns über die Entfernung des Objektes gebildet haben, zustande kommen kann. Anch ist ein solches Urteil immer nur so zn versteben, daß wir das Objekt mit einem anderen, in der gleichen oder in einer anderen Entfernnng gelegenen, nns bekannten Objekte in bezug auf ihr Größenverhältnis vergleichen.

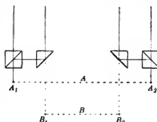


Fig. 9.

Aus dem gleichen Grunde besagt der Versuch mit der oben beschriebenen Prismenkombination (Fig. 2), der uns befähigt, gleichzeitig mit dem Augenabstand eines *Kindes* und demjenigen eines *Erwachsenen* die Anßendinge zn betrachten (Versuchsanordnung wie in Fig. 9), wobei dann die Gegenstände dem Erwachsenen immer näher nnd kleiner erscheinen als dem Kinde, nichts über die Vorstellung, die wir uns für gewöhnlich beim Sehen mit nur einem Augenpaar von der Entfernung nnd der Größe der Objekte nm nns bilden oder gebildet haben. Jedenfalls ist es unzulässig, in dem vorliegenden Experiment eine ausschließliche Erklärung dafür zn sehen, daß Personen, die ihre Heimat erst als Erwachsene wiedersehen, in der Regel alle Gegenstände kleiner finden, als sie sie in der Erinnernng haben, wobei doch sicher auch andere physiologische Dinge mit in Anrechnung zu bringen sind, vor allem der Umstand, daß mit dem Wachsen des Augenabstandes und der Körperdimensionen überhanpt auch in geistiger Hinsicht der Blick des Beobachters ein umfassenderer geworden ist.

In der angegebenen Richtnng lassen sich noch eine ganze Reihe von interessanten und instrnktiven Versnchen anstellen. Ich will aber anf diese Dinge hier nicht weiter eingehen, sondern znm Schluß nur noch einen mit nnserem Gegenstande aufs innigste znsammenhängenden Versuch besprechen, der besonders auch deshalb Berücksichtigung verdient, weil er als der Ausgangspnnkt für ein ganz *neues Verfahren der messenden Stereoskopie*, über dessen praktische Bedentung allerdings znrzeit noch kein endgültiges Urteil abgegeben werden kann, anzusehen ist.

[1]) Mit reellen Objekten gelingt das Experiment deshalb nicht, weil mit der Veränderung des Abstandes gleichzeitig eine Veränderung des Bildwinkels vor sich geht, was im Stereoskop ausgeschlossen ist.

Das Verfahren[1]) besteht im Prinzip darin, daß durch Feindrehung eines der Prismen in Fig. 2 die oben, *S. 236*, für weit entfernte Gegenstände verlangte Gleichheit der Entfernung der beiden zusammengehörigen Raumbilder — Nullstellung — nacheinander für jedes andere, näher gelegene Objekt zustande gebracht wird, wobei dann der Drehungswinkel des Prismas als ein Maß für die zu messende Entfernung angesehen werden kann. Eine andere Art der Entfernungsmessung besteht darin, daß wir die Prismenkombination in der angegebenen Weise von vornherein auf eine bestimmte Entfernung einstellen und uns dann mit ihr dem zu messenden Objekte so weit nähern, bis dessen Raumbilder in der gleichen scheinbaren Entfernung gesehen werden. In diesem Falle machen wir bei Annäherung an das Objekt die Wahrnehmung, daß die beiden Raumbilder in der Blickrichtung aufeinander zueilen, bis die Entfernung, auf welche der Apparat eingestellt wurde, erreicht ist, um dann bei weiterer Annäherung in entgegengesetzter Richtung wieder auseinander zu gehen. In beiden Fällen gesellt sich zu dem Kriterium der gleichen scheinbaren Entfernung noch das von jenem allerdings abhängige Kriterium der gleichen Größe der Raumbilder.

Von dem bisherigen Verfahren der stereoskopischen Entfernungsmessung unterscheidet sich das vorliegende wesentlich dadurch, daß zur Messung nicht eine Reihe von Marken wie im Stereo-Telemeter oder eine wandernde Marke wie im Stereo-Komparator benutzt wird, sondern das zu messende Objekt selbst, was aus mancherlei physiologischen Gründen: Gleichheit der miteinander zu vergleichenden Objekte in bezug auf Form, Helligkeit und Farbe einen beachtenswerten Vorzug vor der bisherigen Methode bedeutet. Ob aber das Verfahren jemals für Messungen auf der Erdoberfläche einen praktischen Erfolg haben wird, erscheint wegen der Beschränkung der Anwendbarkeit des Verfahrens auf isoliert stehende Objekte mehr als zweifelhaft. Wesentlich günstiger liegen in der Hinsicht die Verhältnisse auf dem Meere, wo die Messung der Entfernung von Lichtern nach dem oben beschriebenen Annäherungsverfahren für die Schiffahrt, z. B. bei Kursänderungen in engem Fahrwasser, nicht ohne Nutzen sein dürfte.

Jena, im Mai 1905.

Über die Drehung von Achsen unter alleiniger Einwirkung eines Kräftepaares.

Von
V. Knorre in Berlin.

Über die Lösung der in der Überschrift genannten Aufgabe nachzudenken fand ich Veranlassung, als Hr. Mechaniker H. Heele in Berlin beauftragt wurde, das Äquatoreal der Königlichen Sternwarte zu Berlin mit einer Drehvorrichtung zum Umlegen des Fernrohres zu versehen. Ehe ich jedoch auf das Ergebnis meiner Überlegungen eingehe, möchte ich auf die Bedeutung einer Vorrichtung hinweisen, durch welche nur ein Kräftepaar erzeugt wird, eine translatorische[2]) Bewegung durch

[1]) D.R.P. Nr. 162471.

[2]) In welchem Sinne ich den Ausdruck „translatorisch" gebrauche, geht aus den späteren Erläuterungen der Bewegungen der Achsen innerhalb der Spielräume hervor. Streng genommen kann von translatorischen Bewegungen nur bei einem im Raume freien System die Rede sein, auf welches verschiedene, beliebig gerichtete Kräfte wirken.

eine einseitig wirkende Kraft also ausgeschlossen ist. Dies ist aber nur dann möglich, wenn das Kräftepaar oder die Drehungsmomente an beiden diametral zu dem Drehungsmittelpunkt sich gegenüber liegenden Stellen genau gleichzeitig einsetzen. Bezüglich dieser letzteren Bedingung setze ich voraus, daß ich über das Nichtvorhandensein einer Lösung richtig belehrt worden bin.

Alle Drehungsachsen mit zylindrischen oder schwach-konischen Lagerungen müssen Spielräume haben, welche entweder mit Hülfe von Hebeln oder dadurch geschaffen werden, daß die Achse auf ein Widerlager stößt, durch welches sie in ihrer Längsrichtung gehoben oder gesenkt werden kann. Es wird aber kaum möglich sein, für den Spielraum das durch die notwendigste Höhe der Ölschicht gegebene Maß einzuhalten; in der Regel wird diese Grenze überschritten werden, wodurch Schlotterungen entstehen.

Auch bei Kugellagerungen finden bei geneigten Stellungen der Achse Schlotterungen statt; nur die vertikale Stellung zeichnet sich durch größere Stabilität aus, da die Kugel alsdann, streng mathematisch genommen, nicht auf einem einzigen Punkte der Kugelschale, sondern auf dem Umfange des kreisförmigen Loches ruht, durch welches die Achse hindurchgeht.

Die Kugellagerung ist aber dadurch ausgezeichnet, daß die größere Stabilität sich auch bei geneigten Stellungen erzielen läßt, wenn man die zur Achse senkrechte Schwerekomponente durch einen Hebel aufhebt. Es bleibt dann die in der Richtung der Achse gegen die Kugelschale wirkende Komponente übrig, die zwar wieder das Aufliegen auf dem Umfange des kreisförmigen Loches bewirkt, aber mit abnehmender Neigung kontinuierlich kleiner und im Horizonte gleich Null wird.

Die Kugellagerung bietet vor der zylindrischen oder schwach-konischen Lagerung noch andere wesentliche Vorteile, über welche sich hier auszulassen zu weit führen würde. Die volle Ausnutzung dieser Vorteile schließt aber eine Kugellagerung an dem anderen Ende der Achse aus; es muß wieder die zylindrische Lagerung mit ihren unvermeidlichen Schlotterungen angewandt werden, und zwar dürfte hierbei das in drei Backen zerlegte zylindrische Lager mit freier Anordnung, wie es Hr. Heele verwendet, das passendste sein. Die Schlotterungen werden sich dann in einer Drehung, richtiger ausgedrückt, in einer Pendelung um den Mittelpunkt der Kugel äußern.

Wie wenig Spielraum dazu gehört, damit hierbei Winkelbewegungen zustande kommen, welche die heutigen Beobachtungsfehler übertreffen, zeigt das folgende Beispiel.

Bei dem Äquatoreal der Berliner Sternwarte steht das zylindrische Lager von dem Mittelpunkte der Kugel nahezu 1 *m* ab. Ein Schlottern bis zu einem Betrage von 0,01 *mm* würde dann einer Winkelbewegung von 2,1″ entsprechen. Dieselbe Winkelbewegung würde erfolgen bei einem Abstande von $^1/_4$ *m* vom Mittelpunkte der Kugel und einer Schlotterung von 0,0025 *mm*.

Solche Schlotterungen habe ich oft beobachtet und schreibe sie dem einseitigen Eingriff beim Drehen der Achsen zu; und selbst wenn der Spielraum durch eine dünne Ölschicht ausgefüllt ist, kann aus diesem Grunde Ölverdrängung die Folge sein.

Ich will nun den extremen Fall annehmen, das Fernrohr eines Äquatoreals wäre bei Rechtsdrehung der Polachse auf eine feste Marke eingestellt, und die Polachse wäre dabei an der äußersten Grenze des Spielraums in eine zur Ebene des Deklinationskreises oder zur Drehungsebene des Fernrohres parallele Lage gelangt.

Hieranf sei, ohne die Einstellung in Deklination zu ändern, eine zweite Einstellung im Stundenwinkel bei Linksdrehung der Polachse vollführt worden, und es sei ein diametral entgegengesetzter Ausschlag der Polachse erfolgt. Unter Beibehaltung der obigen zahlenmäßigen Annahmen von 1 *m* Abstand und 0,01 *mm* Spielraum müßte nun die feste Marke um 2,1″ von der ersten Einstellung abweichen, oder nach vollführter mikrometrischer Einstellung in Deklination auf die Marke die zweite Ablesung am Deklinationskreise sich um 2,1″ von der ersten unterscheiden. Solche Fehler werden für zufällige Beobachtungsfehler genommen, solange es nicht gelingt, ihre Ursachen zu beseitigen.

Wäre das Pendeln der Polachse in einer anderen Ebene vor sich gegangen, so müßte bei der Wiedereinstellung auf denselben Punkt im Gesichtsfelde mit beiden mikrometrischen Bewegungen am Stundenkreise und am Deklinationskreise nachgeholfen werden, und dadurch würden Verschiedenheiten in den Ablesungen beider Koordinaten zustande kommen.

Der vielfach vertretenen Ansicht, daß es gleichgültig sei, ob Spielraum besteht und durch Abnutzung vergrößert wird oder nicht, und daß es nur auf eine sichere Klemmung ankäme, da man die Kreisablesungen eines Äquatoreals nur zur Einstellung benutzt und lediglich Differenzmessungen am Mikrometer vollführt, kann ich nach meinen Erfahrungen ohne weiteres nicht beipflichten. Zwar soll mit Recht besonderer Wert auf eine sichere Klemmung gelegt werden (vgl. meine Publikation: Beobachtungsergebnisse der Königlichen Sternwarte zu Berlin, Heft Nr. 9, *S. 18*), und bedarf es großer Sorgfalt, eine einwandsfreie Klemmvorrichtung zu schaffen; aber es ist doch immerhin nicht ausgeschlossen, daß es gelingen wird, die äquatoreale Montierung so zu vervollkommnen, daß aus Kreisablesungen gewonnene Positionen einen verhältnismäßig hohen Grad von Genauigkeit erlangen. Würde man dann beim Bau eines Äquatoreals alle erkannten Bedingungen zur Erlangung größerer Stabilität erfüllt haben, ließe aber bei den Achsenlagerungen unnötig große Spielräume bestehen und sorgte nicht für Einrichtungen zur Verhütung der Abnutzung, so würde Schlotterungen bezw. Pendelungen Tür und Tor geöffnet werden und die Stabilität dadurch wieder Einbuße erleiden.

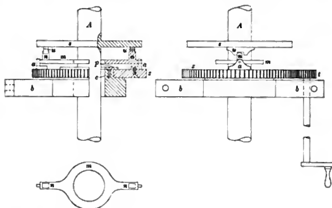
Aber zugegeben, daß es eine unnötige Verschwendung von Zeit und Kraft wäre, die feinere Ausführung der äquatorealen Montierung auf die Spitze zu treiben, so darf man doch nicht vergessen, daß aus obigen Gründen Schlotterungen sich auch bei allen zweiachsigen Instrumenten mit vertikal gerichteter Hauptachse abspielen müssen, bei denen die Kreisablesungen sehr wohl zur Bildung von Positionen benutzt werden wie bei Universalinstrumenten, Vertikalkreisen u. s. w.

Außer durch Drehungen mittels einseitiger Eingriffe können Achsen auch in Pendelungen durch unvollkommene Klemmvorrichtungen geraten. Richtet man daher diese letzteren so ein, daß durch sie nur Druck in der Richtung der Achse entsteht, stellt man ferner zur Drehung der Achse ein sog. Kräftepaar her, sodaß eine jede der beiden Kräfte zu beiden Seiten der Achse diametral gegenüber und gleichzeitig an Punkten angreift, welche gleiche Momente ergeben, so sind theoretisch die Bedingungen erfüllt, um die Achse während der Drehung in unverrückbarer Stellung innerhalb des Spielraumes zu erhalten, zumal auch die Ölschicht zur Erhaltung der Achsenrichtung beiträgt.

Bezüglich der Herstellung eines Kräftepaares gilt als Hauptschwierigkeit die genaue Gleichzeitigkeit des Eingriffes beider Kräfte. Im folgenden erlaube ich mir jedoch, eine einfache praktische Lösung der Sache vorzubringen, welche der wahren

sehr nahe in der Gleichheit der Momente kommt, bezüglich der Gleichzeitigkeit des Eingriffes aber als eine vollkommene gelten darf.

Man befestige an der solide fundierten Unterlage, auf welcher die Lager der Achse A (vgl. die Figur) ruhen, einen Ständer b mit einem zylindrischen Ansatz c. Dieser Zylinder c sei zusammen mit dem Ständer b so weit ausgedreht, daß A frei hindurchgehe. Auf c drehbar sitze ein Zahnrad z, versehen mit zwei diametral gegenüber liegenden Ansätzen a mit runden Löchern, welche zur Aufnahme von Zapfenenden eines Mitnehmers m bestimmt sind. Dieser Mitnehmer erweitert sich in der Mitte zu einem Ringe von so großem inneren Durchmesser, daß die Achse A ebenfalls frei hindurchgeht.



Das Zahnrad z, welches durch die Platte p auf dem Zylinder c festgehalten wird, soll durch einen Trieb t oder durch eine Schraube ohne Ende in Drehung versetzt werden. Auf der Achse A selbst sitzt eine Scheibe s, mittels welcher sie in Drehung versetzt werden soll. An der Scheibe sind einander diametral gegenüber zwei ⊔-förmige Ansätze u angebracht, in welche die Nasen n des Mitnehmers eingreifen.

Der genau gleichzeitige Antrieb zur Drehung vollzieht sich in der Weise, daß zunächst die eine Nase des Mitnehmers zum Anschlag an einer der beiden Wandungen des ⊔-Ansatzes gelangt, hierauf der Mitnehmer m sich so weit um seine Zapfen dreht, bis der Anschlag auch auf der diametral gegenüber liegenden Seite erfolgt, und nun die Drehung der Achse A beginnt.

Der einseitig auf das Zahnrad wirkende Trieb t erzeugt nach der Theorie ein Kräftepaar und eine translatorisch wirkende Kraft; durch die Isolierung des Lagers des Zahnrades von den Lagern der Achse A geht aber auf die letztere nur das Kräftepaar über. In der Praxis jedoch wird sich das Kräftepaar mit einer kleinen einseitig wirkenden Kraft vermischen, weil, wie Hr. Heele bemerkte, es nicht vollkommen gelingen wird, die beiden Angriffspunkte des Mitnehmers an der Scheibe und deren Mittelpunkte ganz genau mit den übertragenen Drehungsmomenten in Übereinstimmung zu bringen. Bis zu welchem Grade aber die Erzielung eines reinen Kräftepaares erreicht werden kann, will ich im folgenden zeigen.

Die Berührungspunkte des Mitnehmers mit den ⊔-Ansätzen der Scheibe mögen nicht ganz genau gleiche Abstände q und q' vom Mittelpunkte des Zahnrades haben,

sodaß auch die Kräfte P und P', welche vom Zahnrade ausgehend auf die Scheibe wirken, verschieden groß sind. Es müssen aber die Drehmomente der Gleichung

$$q\,P = q'\,P'$$

genügen, oder

$$P' = \frac{q}{q'}\,P.$$

Es mögen ferner die Berührungspunkte an den ⊔-Ansätzen vom Mittelpunkte der Scheibe s ungleiche Entfernungen p und p' haben, so findet aber hier die Gleichheit der Momente $p\,P$ und $p'\,P'$ nicht mehr statt, weil das Verhältnis von P zu P' ganz unabhängig ist von der Lage des Scheibenmittelpunktes. Es muß aber eine Kraft P'' geben, für welche die Gleichheit besteht

$$p\,P'' = p'\,P'$$

oder

$$P'' = \frac{p'}{p}\,P'.$$

Setzt man

$$P'' = P + \Delta P,$$

so erhält man

$$P + \Delta P = \frac{p'}{p}\,P' = \frac{p'\,q}{p\,q'}\,P,$$

folglich

$$\Delta P = \left(\frac{p'\,q}{p\,q'} - 1\right) P$$

und

$$P'' = P + \left(\frac{p'\,q}{p\,q'} - 1\right) P.$$

An der Scheibe s standen sich die ungleichen Drehmomente

$$p\,P \quad \text{und} \quad p'\,P'$$

gegenüber, wofür man jetzt auch

$$p\,P \quad \text{und} \quad p\,P + p\left(\frac{p'\,q}{p\,q'} - 1\right) P$$

schreiben kann, d. h. außer dem Kräftepaare $P, -P$ bleibt noch eine einseitig wirkende Kraft übrig von dem geringen Betrage

$$\left(\frac{p'\,q}{p\,q'} - 1\right) P = \frac{p'\,q - p\,q'}{p\,q'}\,P.$$

Bei den heutigen Leistungen der Präzisionstechnik muß es leicht gelingen, $p\,p'\,q\,q'$ sehr nahe gleich groß zu machen, sodaß die Differenz innerhalb der Klammern eine sehr kleine Zahl wird. Dasselbe gilt von dem Zähler des rechtseitigen Ausdrucks; aus diesem geht außerdem hervor, daß, je größer der Nenner ist, oder je größer man die Abstände $p\,p'\,q\,q'$ macht, desto kleiner der Faktor

$$\frac{p'\,q - p\,q'}{p\,q'}$$

von P wird.

Als Beispiel möge sein

$$p = 100\ mm, \qquad p' = 101\ mm, \qquad q = 101\ mm, \qquad q' = 100\ mm$$

und P gleich dem Drucke von 10 kg, so wird

$$\frac{p'\,q - p\,q'}{p\,q'} = 0{,}0201\,,$$

folglich die einseitig wirkende Kraft

$$\frac{p'q - pq'}{pq'} P = 0{,}2 \ kg,$$

d. h. gleich dem fünfzigsten Teile von P.

Für den Fall, daß der Unterschied der Abstände 1 *mm* nie überstiege, würde bei Abständen von obigem Betrage und dem Maximalunterschiede von 1 *mm* dieses Ergebnis 0,2 *kg* für die einseitig wirkende Kraft den größten Betrag, also den ungünstigsten Fall darstellen. Überdies läßt sich nach Ansicht des Hrn. Heele und anderer Feintechniker der Unterschied mit Sicherheit auf einen kleinen Bruchteil eines Millimeter herabdrücken.

Wendet man, wie eingangs erwähnt, diese Vorrichtung auf einen gewaltsam wirkenden Umlegeapparat mit schneller Winkelbewegung an, so ist es unbedingt nötig, den Zylinder c, welcher dem Zahnrad als Lager dient, von der Achse zu isolieren, damit etwaige Erschütterungen auf diese nicht übergehen. Auch werden Erschütterungen, welche sich in kleinsten Verbiegungen des Zahnradgestelles äußern könnten, sogleich durch den Mitnehmer ausgeglichen.

Der kleine Rest einseitig wirkender Kraft kann dadurch noch unwirksamer gemacht werden, daß man die Angriffspunkte des Mitnehmers möglichst nahe an den Drehungsmittelpunkt der Pendelungen heranbringt, bei Kugellagerungen also an den Mittelpunkt der Kugel.

Für die weit sanftere mikrometrische oder Uhrwerk-Bewegung wird es bei Kugellagerungen nach Hrn. Heeles Meinung sogar besser sein, die Außenfläche der Kugelschale für das Zahnrad herzurichten, weil diese Fläche sich sehr genau zu einem zur Kugelschale konzentrischen Zylinder abdrehen läßt.

Diese Feinheiten verlangen aber als Konsequenz, für beide Achsendrehungen Hülfsmittel zu schaffen, durch welche keine Störungen der Achsenrichtungen innerhalb der Lagerungen erfolgen.

Für die Auslösevorrichtung sind dreierlei Arten denkbar:

1. Die Scheibe s ist auf der Achse drehbar und kann mit ihr durch eine Klemme fest verbunden werden. In ungeklemmtem Zustande würde also bei Drehungen der Polachse die Reibung an der Scheibe verbleiben.

2. Die Verbindung des Zahnrades mit der Scheibe wird unterbrochen. Dies wird größere Komplikation verursachen, hat aber den Vorteil, daß die Drehung der Polachse von einer Reibung am Umlegeapparat frei bleibt.

3. Der Trieb t wird ausgeschaltet. Diese Art der Ausschaltung dürfte die einfachste und beste sein, hinterläßt aber für die freie Achsendrehung die Reibung des Zahnrades auf dem Zylinder c, jedoch ohne nachteilige Wirkung.

In Zusammenfassung des Vorangehenden ist es also Aufgabe der Präzisionsmechanik, das Lager c für das Zahnrad genau zylindrisch und zentrisch zur Hauptachse A, ferner $p = p' = q = q'$ und die Berührungspunkte diametral gegenüber liegend herzustellen. Auch ist der Drehungsmechanismus nicht zu fern vom Mittelpunkte der Pendelungen (Schlotterungen) anzubringen, welcher bei Kugellagerungen mit dem Mittelpunkte der Kugel zusammenfällt. Sofern es sich aber nur um einen Umlegeapparat oder einen Apparat zur genäherten Einstellung handelt, stellt diese Einrichtung im übrigen keine hohen Anforderungen an die Präzisionsmechanik.

Referate.

Die Einwägungen der landwirtschaftlichen Hochschule bei Westend. Dritter Bericht.

Von O. **Eggert.** Nebst Nachtrag von **Chr. A. Vogler.** *Zeitschr. f. Vermess.* **34.** *S. 13, 38, 57, 73. 1905.* Auch als Sonderabdruck erschienen. gr. 8°. 36 S.

Über die Feinnivellements, die Geb. Reg.-Rat **Vogler** in Westend bei Berlin seit 1891 mit Hülfe seines Kathetometer-Nivellierinstruments hat ausführen lassen, ist bisher zweimal berichtet worden (*Zeitschr. f. Vermess.* **27.** *S. 385. 1898;* **31.** *S. 1, 32. 1902*). Der vorliegende dritte Bericht von **Eggert** betrachtet die Fortsetzung der Arbeit seit 1898. Es sind in diesen 7 Jahren ausschließlich die Stahllatten gebraucht worden (vgl. den zweiten der genannten Berichte und das Referat in *dieser Zeitschr.* **22.** *S. 254. 1902*), die sich gut bewährt haben sollen, obgleich **Eggert** als Übelstand die für jede Visur notwendige Keilablesung zur Ermittlung der Lattenlänge hervorhebt. Die seit längerer Zeit geplante Neuherstellung der Latten aus Nickelstahl könnte diesem Übelstand abhelfen. Am Nivellierinstrument zeigte sich die Befestigung der Libelle am Fernrohr ungenügend, es wurde deshalb seit Herbst 1902 täglich zweimal, vor Beginn und am Schluß der Arbeit, der Winkel zwischen Libellenachse und Ziellinie ermittelt; er zeigte sich durchaus nicht als konstant, änderte sich vielmehr oft stark. Wenn der lineare Betrag der Konvergenz beider Linien für 1 *m* Zielweite 0,03 *mm* erreichte, wurde das Instrument neu justiert; mehrmals sind aber in diesem Betrag Sprünge bis $^1/_{10}$ *mm* vorgekommen, die bei Entdeckung am Schluß der Arbeit eine ganze Tagesleistung unverwendbar machten. Trotz starken Anziehens aller Schrauben konnte diese Änderung der gegenseitigen Lage der zwei Hauptlinien des Instruments nicht weggebracht werden. Ferner zeigte sich die Ablesung der dekadischen Ergänzung im Skalenmikroskop neben der unmittelbaren Ablesung nicht hinreichend als Schutz gegen Millimeterfehler, sodaß besondere Kontrollablesungen hinzugenommen wurden. Bedenklich erscheint dem Verf. endlich, daß im Rückblick und Vorblick nicht stets mit derselben Stellung des Okularrohrs gearbeitet werden konnte; er empfiehlt an den Ablesungen eine Korrektion anzubringen, die auf die Stellung des Okularrohrs Rücksicht nimmt. Weniger bedenklich ist, daß der Teilwert der Libelle während des Nivellements selbst nicht immer mit großer Schärfe bestimmt wurde; da eine kleine Änderung in der Annahme für die Empfindlichkeit der Libelle bei der hier benutzten Art des Nivellierens fast ganz ohne Einfluß ist, so wurde die Feldberechnung des Teilwerts ganz aufgegeben und durch Messungen zu Hause ersetzt. Die Empfindlichkeit der Libelle hat sich von 3,30" auf 3,15" verändert.

Der m. F. für ein einfaches Nivellement der Strecke 1 *km* ist bei den neuen Messungen mehrmals auf etwa $^1/_4$ *mm* herabgegangen, womit allerdings für die jetzige Art der Ausführung dieser Nivellements die Grenze erreicht ist mit Rücksicht auf die äußeren Einwirkungen (besonders Wind und Sonne auf das Stativ). Als ganz besondere Fehlerquelle wurde die Einwirkung der Sonne erkannt; obgleich der Instrumentenschirm auch fast das ganze Stativ beschattete, wurden bei Eintritt des Sonnenscheins die Zuverlässigkeit und Sicherheit der Beobachtungen stark vermindert, die (scheinbare oder wirkliche) Änderung der Zielhöhe erreichte häufig den Betrag $^1/_2$ *mm.* Die Lage der Fußplatten auf dem chaussierten Straßendamm ist als *sehr sicher* festgestellt worden (von einem Einsinken wie auf weichem Boden hat sich nichts gezeigt), sodaß die Veränderungen dem Instrument zugeschrieben werden müssen.

Von den Höhenmarken haben sich zwei auch neuerdings weiter stark gesenkt, anfänglich infolge eines in ihrer Nähe ausgeführten Baus (Kanalisation); da jedoch zwei andere Marken in der Nähe ebenfalls gesunken sind, so kann es sich vielleicht um Absitzen einer größern Erdscholle handeln. Zwei andere Höhenmarken heben sich deutlich; mehrere andere Punkte schwanken um Beträge auf und ab, die durch Messungsfehler allein nicht erklärlich sind.

Als Hauptergebnis der Diskussion aller 40 bisher ausgeführten Nivellements ist die Untersuchung der Schwankungen der Normalen einer durch bestimmte Festpunkte des Nivellements gegebenen Ebene anzusehen. Nach den ersten 29 und den letzten 7 Nivellierungen hätte diese Normale eine deutlich ausgesprochene Hin- und Herbewegung in S.W.—N.O.-Richtung und mit einer Amplitude von 0,2″ gezeigt. Wenn man die Neigungsänderungen dieser Ebene oder ihrer Normalen als reell, als *Schwankung der Lotrichtung* auffaßt, so müßte dieses Nivellementsergebnis durch feine Polhöhenmessungen bestätigt werden. Da in Westend keine solchen zur Verfügung stehen, so stellt Eggert die aus den Nivellierungen in Westend gefundenen Schwankungen der Lotrichtung mit den Schwankungen der Polhöhe nach Messungen auf dem Telegraphenberg bei Potsdam ($20^1/_2$ *km* gegen S.W. davon gelegen!) aus Mai 1894 bis November 1897 zusammen und findet „die Übereinstimmung der durch astronomische Messungen und durch Nivellements gefundenen Lotschwankungen nach Richtung und Größe auffällig und durch den Zufall allein wohl kaum zu erklären“, gibt aber selbst zu, daß von einem *Beweis* solcher Lotschwankungen bis jetzt nicht die Rede sein kann.

Vogler verfolgt bei seinem „Nachtrag“ trotzdem die Hypothese der *Geoidwellen* bereits weiter und erklärt die täglichen Bewegungen dieser Art durch eine weitere Hypothese, nämlich einen (auch schon von andern angenommenen) die Erde in geringem Abstand, aber selbstverständlich außerhalb der Atmosphäre umkreisenden Ring, der aus einzelnen nicht zusammenhängenden Brocken bestehen soll, und dessen Bahn als ungefähr mit der Ekliptikebene zusammenfallend gedacht wird. Er glaubt, daß die Zulässigkeit dieser Hypothese sich sehr rasch auf geodätischem Wege entscheiden ließe. Das wäre eine erste astronomische Entdeckung mit rein geodätischen Mitteln. An Folgerungen aus der Erdring-hypothese fehlt es bereits nicht (*S. 34* des Sonderabdrucks).

In einer Notiz zu dem Bericht des Hrn. Eggert über die Einwägungen bei Westend (*Zeitschr. f. Vermess.* **34.** *S. 299. 1905*) weist Hr. W. Schweydar darauf hin, daß die Diskussion zahlreicher Horizontalpendel-Beobachtungen eine Bewegung mit der Periode eines Sterntags und einer Amplitude, wie sie die Voglersche Hypothese erfordern würde, zwar außer Zweifel gestellt hat, daß die Phase jedoch gegen die Sonnenzeit nahezu konstant ist und daß die Störungen nicht als solche der Niveaufläche, sondern als „Bodenneigungen“ aufgefaßt werden müssen, die im deutlichsten Zusammenhang mit Sonnenstrahlung und täglichem Temperaturgang stehen und in der Erdbebenkunde als „Sonnenwelle“ längst bekannt sind. Schweydar zeigt ferner noch in einer Tabelle und einer Figur den unleugbaren Zusammenhang der Eggertschen Zahlen $-B \cdot \varrho''$ mit dem Temperaturgang. Nach den Heidelberger Horizontalpendel-Beobachtungen kann der Unterschied der Bodenneigung morgens und abends über 0,3″ erreichen. *Hammer.*

Über Tachymetrie.

Von G. W. Herdman. *Engineering* **79.** *S. 81. 1905.*

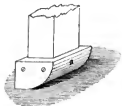
In dieser Notiz zur „*Tacheometry*“ tritt, wie zu erwarten war, auch ein englischer Ingenieur den Ausführungen von A. Bell, über die hier referiert worden ist (vgl. *diese Zeitschr.* **25.** *S. 50. 1905*), entgegen. Der Verf. sagt zunächst, daß man das Mitführen der Additionskonstanten c des entfernungsmessenden Fernrohrs durch ein „*anallatic lens*“ vermeiden könne; mit dem anallaktischen Fernrohr werde sogleich $E = c + k \cdot l$ (ich gebrauche wieder die bei uns üblichen Bezeichnungen statt derer des Originals) abgelesen und man könne dann „ohne merklichen Fehler, da c sehr klein sei im Vergleich mit $k\,l$“, setzen

$$\text{Horizontaldistanz} = E \cdot \cos^2 \alpha$$
$$\text{Höhenunterschied} = E \cdot \tfrac{1}{2} \sin 2\,\alpha.$$

(Beim sog. anallaktischen Fernrohr sollte eigentlich $c = 0$, nicht nur sehr klein sein; ferner wird, da k selten, wenigstens nicht für die Präzisionstachymetrie, genügend genau eine runde Zahl, z. B. 100 ist, der Nutzen des in optischer Beziehung dem Ramsdenschen nicht gleichwertigen Porroschen Fernrohrs immer noch überschätzt: wenn man z. B. bei $k = 97{,}8$ oder

101,2 die Werte $k\,l$ nicht im Kopf bilden, sondern zweckmäßiger einer Tabelle mit genügend engem Intervall des Arguments l entnehmen will, so ist es gleichgültig, ob man in diese Tabelle eine Additionskonstante c mit aufzunehmen hatte oder nicht; und bei der weniger genauen „topographischen" Tachymetrie kann man auch c summarisch berücksichtigen). Jedenfalls hat aber der Verf. ganz recht, wenn er fortfährt, man könne doch nicht mit Beil die Ausrechnung nach den obenstehenden Formeln „äußerst mühsam" nennen, wenn man, wie er, durch einen Gehülfen, der eine Woche zuvor von einem Tachymeterschieber noch gar nichts gewußt habe, die Tachymeterpunkte im Tempo 90 in der Stunde ausrechnen lassen könne! Er habe früher auch, aus ähnlichen Erwägungen wie Beil, die Lattenhaltung normal zur Ziellinie benutzt und dabei (wie wohl jeder Ingenieur) eine sehr einfache Vorrichtung benutzt, die dem Lattenträger richtige Haltung der Latte und zugleich Kontrolle dieser Haltung vom Instrument aus ermöglicht, bestehend aus einem seitlich an die Latte senkrecht zu ihrer Längsrichtung angenagelten rechteckigen Holzstück, dessen kleine Vorderfläche schwarz und dessen lange Ober- und Unterflächen weiß bemalt gewesen seien (also ganz wie bei uns C. Wagner u. A.); aber er sei bald wieder zur vertikalen Lattenhaltung zurückgekehrt.

Da auch Beil vom Hin- und Herneigen der Latte spreche, das allerdings wohl mehr beim Nivellieren als beim Tachymetrieren im Gebrauch sei, so müsse man sich, sagt der Verf. ferner, wundern, daß keine Latte mit nach vorn abgerundetem Fuß im Handel sei (s. die Figur), weil sich damit Fehler, die bei der *Kantenneigung* entstehen (und die er ziemlich eingehend betrachtet) vermeiden lassen; der Ref. ist der Ansicht, daß das Neigen der Latte sowohl beim Nivellieren wie in der Tachymetrie *stets* unterbleiben sollte.



Zum Schluß erinnert der Verf. daran, daß die mechanische Arbeit der Ablesungen am Instrument nicht das wichtigste Geschäft sei, vielmehr sei dies die richtige Auswahl der aufzunehmenden Punkte; jedenfalls sei diese Auswahl nicht dem Lattenträger zu überlassen, sondern vom Leiter der Aufnahmeabteilung zu besorgen, während am Instrument ein mechanisch anzulernender tüchtiger Gehülfe stehen könne. Ein gewandter Tachymeter-Aufnehmer könne auf seinem Plan mit Hülfe einer geringen Zahl gemessener Punkte Einzelheiten (der Höhenlinien) zum Ausdruck bringen, die der nichtgewandte, der gern möglichst viele Punkte nehme, auch mit ihrer Hülfe gar nicht herausbringe; und der Beobachter am Instrument, dessen Auge am Fernrohr bleiben sollte, kann den fernen oder die fernen Lattenträger nicht so rasch und richtig dirigieren wie ein Beobachter, der mit dem Lattenträger geht und diesen anweist, dabei Einzelheiten skizzierend. Dies ist ganz die Ansicht aller Praktiker seit Moinot, dessen *„géomètre extérieur"* die Hauptperson ist und dessen *„brigade de tachéométrie"* mit Recht so viel nachgeahmt worden ist. *Hammer.*

Integrierendes Thermometer.

Von Ch. Féry. *Compt. rend.* ***140.*** *S. 367. 1905.*

Das in der Abhandlung nur schematisch beschriebene Instrument bestimmt das Integral

$$\int_0^T \theta\, dT,$$

wo T die Zeit, θ die veränderliche Temperatur bedeutet. Eine horizontale Planscheibe wird durch ein Uhrwerk in gleichförmige Umdrehung versetzt; die ebene Fläche der Scheibe berührt die Peripherie eines senkrecht stehenden Rädchens, dessen Achse die Verlängerung der Achse der Planscheibe schneidet. Dadurch wird die Rotation der Scheibe auf das Rädchen übertragen. Solange der Berührungspunkt des Rädchens mit der Scheibe eine konstante Entfernung vom Mittelpunkt derselben hat, ist die Umdrehungsgeschwindigkeit des Rädchens konstant. Nun ist aber das Rädchen auf seiner Achse verschiebbar, sodaß

die erwähnte Entfernung veränderlich ist. Die Verschiebung des Rädchens wird durch Kuppelnng mit einem Metallthermometer in der Weise bewirkt, daß jene Entfernung der jeweiligen Temperatur proportional ist. Die Umdrehungsgeschwindigkeit, welche durch eine nicht näher beschriebene Anordnung registriert wird, ist also dem obigen Integral proportional.

Rt.

Direkt zeigendes Widerstandsthermometer.

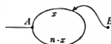
Von A. Campbell. *Phil. Mag.* **9.** *S. 713. 1905.*

Es werden mehrere spezielle Brückenschaltungen mitgeteilt, welche alle den Zweck haben sollen, die Einstellung des das Brückengleichgewicht herstellenden Widerstandes der Temperatur proportional zu machen, sodaß an der Brücke die Temperatur in Celsiusgraden direkt abgelesen werden kann. Es sei hier nur eine, die „Schleifenmethode", mitgeteilt, welche theoretisch streng gilt, solange der Widerstand des (Platin-) Thermometers als Funktion der Temperatur t der Gleichung

$$W_t = W_0(1 + \alpha t + \beta t^2)$$

gehorcht, wo α und β bekannte Koeffizienten bedenten.

Von den vier Zweigen einer Wheatstoneschen Brückenschaltung seien zwei anliegende konstant, die beiden andern, W_t bezw. AB (s. die Figur), veränderlich. Der letztere besteht aus einer Schleife vom Widerstande n mit einem nebst der Zuleitung widerstandsfreien Schleifkontakt, der den Schleifdraht in die beiden Teile x und $n - x$ zerlegt. Wenn Brückengleichgewicht herrscht, so ist



$$k \cdot W_t = \frac{x(n-x)}{n},$$

wo k einen konstanten Faktor bedeutet. Nun soll x von der Form

$$x = x_0(1 + m t)$$

sein. Setzt man diesen Wert sowie den obigen für W_t in die vorstehende Gleichgewichtsbedingung ein und vergleicht die Koeffizienten gleich hoher Potenzen von t, so erhält man für m, n, k gewisse, aus α, β und den Anfangswerten x_0, W_0 zusammengesetzte Beträge; x_0 kann man dann noch so wählen, daß 1° C. ein runder Betrag, z. B. 0,1 Ohm, entspricht. Instrumentelle Einzelheiten und Beobachtungsdaten werden nicht mitgeteilt.

In dem beigefügten Anhang werden einige Bemerkungen über den Gebrauch von Thermoelementen für Temperaturmessungen bei 150° C. veröffentlicht. Statt des in Deutschland seit mehreren Jahren mit gutem Erfolg angewandten Elements aus Eisen-Konstantan, welches nicht nur wegen seiner hohen Thermokraft, $50 \cdot 10^{-6}$ Volt auf 1° C., sondern ebenso wie Kupfer-Konstantan vor allem wegen der *Konstanz seiner Angaben* erfahrungsgemäß vorzuziehen ist, empfiehlt der Verf. die Verbindung Eisen-Nickel wegen des geringen Widerstandes. Aber abgesehen davon, daß bei den neueren Zeigergalvanometern von hohem Eigenwiderstand (rund 400 bis 500 Ohm bei den Instrumenten von Siemens & Halske oder Hartmann & Braun u. a.) der Widerstand des Elements kaum mehr in Frage kommt und bei der für genauere Messungen doch allein zulässigen Kompensationsmethode überhaupt keine wesentliche Rolle spielt, ist gerade das Nickel ein in thermoelektrischer Hinsicht sehr ungünstiges Material wegen der mangelnden Homogeneität und der Inkonstanz seiner Thermokraft. Es kann daher der Gebrauch des Nickels gerade für thermoelektrische Zwecke *nicht* empfohlen werden. Über das vom Verf. neben Konstantan noch angeführte Material „Enreka", eine Kupfer-Nickel-Verbindung, liegen in Deutschland keine Erfahrungen vor. *Rt.*

Reflexionsrefraktor.

Von T. Vautier. *Journ. de phys.* **2.** *S. 888. 1903.*

Um die beiden interferierenden Strahlenbüschel beim Jaminschen Interferentialrefraktor genügend weit voneinander zu trennen, haben Zehnder und Mach jede der beiden Jaminschen dicken Platten durch zwei Platten ersetzt. Den gleichen Erfolg erzielt

der Verf. bei seinem Apparat mit drei Platten. Wie aus den Fig. 1 und 2 hervorgeht, werden die Strahlen an den auf der einen Seite versilberten, planen Glasplatten M_1 und M_2

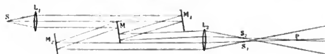


Fig. 1

und an der auf beiden Seiten versilberten, an den Kanten abgeschrägten, planparallelen Glasplatte M reflektiert. Die drei Spiegel werden in gleichen Abständen voneinander aufgestellt.

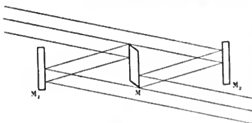


Fig. 2.

Sind die drei Platten genau einander parallel gestellt, so wird von dem in der Brennebene der Linse L_1 befindlichen leuchtenden Spalt S durch die Linse L_2 in ihrer Brennebene nur ein einziges Bild entworfen. Dreht man dann M_2, so entstehen zwei Bilder S_1 und S_2. In diesem Falle sind die Interferenzstreifen besonders scharf in dem beiden Strahlenbüscheln gemeinsamen Teil in der Nähe von P. Die zu untersuchenden Medien werden zwischen M und M_1 oder zwischen M und M_2 eingeschaltet, wobei man die Strahlen ein oder auch mehrere Male zwischen den Spiegeln hin und her reflektieren lassen kann.

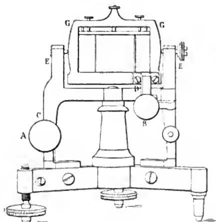


Fig. 3.

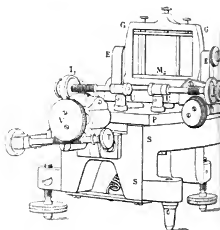


Fig. 4.

Die Montierung der Platte M, wie der Platte M_1 zeigt Fig. 3. Zum Justieren ist der Spiegel mit Hülfe der beiden Mikrometerschrauben A und B um eine vertikale und eine horizontale Achse drehbar.

Aus Fig. 4 ist der Aufbau der Platte M_2 ersichtlich. Sie ist auf dem Schlitten P befestigt, der sich, zur Erzielung der gleichen Abstände zwischen den Spiegeln, mittels der Mikrometerschraube V verschieben läßt. Diese hat einen gezahnten Kopf, sodaß man ihn, wenn erforderlich, mit Hülfe der Berührungsschraube T noch sehr wenig drehen kann. In

ähnlicher Weise kann man die beiden in den Gelenken UU befestigten Schrauben T_1 und T_2 durch ihr eigenes Gewicht in die beiden Zahnräder eingreifen lassen, mit denen die beiden Mikrometerschrauben versehen sind, welche M_2 um die vertikale bezw. horizontale Achse drehen.

Die Endbemerkungen über die Verwendung des Refraktors lassen den Schluß zu, daß der Verf. die auf diesem Gebiete liegenden Arbeiten von Mach nicht kennt.

Schck.

Über die Anwendung von Interferenzmethoden auf das Sonnenspektrum.

Von Ch. Fabry. *Compt. rend.* **140.** *S. 1136. 1905.*

Die Beobachtungsmethode des Verf., über die in *dieser Zeitschr.* **25.** *S. 215. 1905* referiert worden ist, wird auf das Sonnenspektrum ausgedehnt. Eine photographische Reproduktion zeigt die von den Absorptionslinien der Sonne gebildeten Interferenzen bei 5 *mm* Gangunterschied der interferierenden Strahlen. Man kann auf diese Weise bis zu 20 *mm* Gangunterschied Interferenzen erzeugen. Die Methode verspricht, bei der Bestimmung von Wellenlängen abwärts bis etwa 464 $\mu\mu$ gute Dienste zu leisten und die früher vom Verf. unternommene Korrektur des Rowlandschen Atlas nach der violetten Seite des Spektrums zu vervollständigen. *E. Gehrcke.*

Interferenzapparat zur Kalibrierung von Extensometern.

Von J. Morrow und E. L. Watkin. *Phil. Mag.* **9.** *S. 129. 1905.*

Extensometer sind dazu bestimmt, die Ausdehnung fester Körper zu messen; man kann sie z. B. benutzen, um die Dehnung festzustellen, die ein Rohr durch Zug erfährt. Durch mechanische oder optische Hebelübertragung werden die sehr kleinen auftretenden Verschiebungen der zwei untersuchten Stellen stark (z. B. 3000-mal) vergrößert und an einer Skale mit Nonius abgelesen. Ein untersuchtes Extensometer gestattete, Verschiebungen von 0,00003 *mm* leicht zu beobachten. Die Verf. haben nun einen Interferenzapparat konstruiert, mit dem sie feststellen können: 1. ob das Übersetzungsverhältnis in verschiedenen Teilen der Skale konstant ist, 2. ob in dem Extensometer toter Gang vorhanden ist, 3. in welchen Grenzen die Ablesungen an der Skale den tatsächlichen Verschiebungen proportional sind.

Zu dem Zwecke wird mit Hülfe einer feinen Schraube mit langem Hebelarm ein in einer Hülse gleitendes Rohr gegen ein zweites, in der Verlängerung des ersten gelegenes festgelagertes Rohr um sehr kleine Beträge verschoben. Zwischen beide Rohre wird eine Einrichtung zur Erzeugung Newtonscher Ringe gebracht. Diese besteht aus einer auf das freie Ende des beweglichen Rohres justierbar aufgesetzten plankonvexen Linse mit schwacher Krümmung und aus einer auf dem freien Ende des festen Rohres angeschraubten Planplatte. Dicht über letzterer sitzt das Objektiv des zur Beobachtung der Interferenzringe dienenden Mikroskops, das in das festgelagerte Rohr einfach eingeschoben ist; die Beleuchtung mit Natriumlicht erfolgt von der Seite her durch eine schräggestellte Planplatte durch das Objektiv hindurch.

Wird das bewegliche Rohr verschoben, so wandern die Newtonschen Ringe, und jeder vorübergewanderte Ring zeigt eine Verschiebung der Rohre gegen einander um $\frac{1}{2}\lambda_D = 294{,}6 \cdot 10^{-6}$ *mm* an; die *Zählung der vorüberwandernden Ringe* dient also zur Messung der Verschiebung. Gleichzeitig wird letztere mit dem an beide Rohre angeschraubten Extensometer nach Skalenteilen gemessen. Das Extensometer wird also sozusagen optisch geeicht.

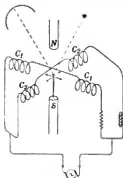
Lö.

Ein neuer Oszillograph.

Von R. Goldschmidt. *The Electrician* **54.** *S. 1038. 1905.*

Auf einen Pol eines kräftigen Elektromagneten NS (s. die Figur) ist die Spitze einer kleinen Stahlnadel aufgesetzt. Die Achse der Nadel stellt sich daher in die Richtung der Kraftlinien. Der Wechselstrom, dessen Kurve aufgenommen werden soll, wird durch zwei

Spulen $C_1 C_1$ geschickt, die zu beiden Seiten der Stahlnadel aufgestellt sind. Ist die Eigenperiode der Nadel klein gegenüber der Periode des Wechselstromes, so folgen die Ablenkungen der Nadel genau den Augenblickswerten des Wechselstromes. An das freistehende Ende der Nadel ist ein Spiegel angeschliffen, auf den man einen Lichtstrahl fallen läßt. Den reflektierten schwingenden Lichtstrahl kann man im rotierenden Spiegel oder nach anderen bekannten Methoden auflösen. Goldschmidt gibt hierfür eine Methode an, die bequem ist, aber nicht streng richtige Resultate liefert.



Senkrecht zum Spulenpaar $C_1 C_1$ ist ein zweites $C_2 C_2$ angeordnet, das unter Verschaltung einer Drosselspule an dieselbe Maschine wie $C_1 C_1$ angeschlossen ist. Durch $C_2 C_2$ fließt somit ein Strom, der gegen die erzeugende Spannung nahezu um 90° verschoben und durch die Wirkung der Drosselspule nahezu sinusförmig ist. Da aber eine Ablenkung erforderlich ist, die nicht dem Sinus der Zeit, sondern der Zeit selbst proportional ist, so wird der nach dem Sinusgesetz schwingende Strahl auf einem halbkreisförmigen Schirm aufgefangen, sodaß die Bewegung des Strahles auf demselben proportional der Zeit erfolgt. Dadurch, daß man zu $C_2 C_2$ einen induktionslosen Widerstand passender Größe parallel schaltet, kann man die Phasenverschiebung auf genau 90° bringen (Hummelsche Schaltung). Als Eigenperiode des Oszillographen wird 5000 pro Sekunde angegeben. *E. O.*

Herstellung sehr dünner Metalldrähte auf elektrolytischem Wege.

Von H. Abraham. *Compt. rend.* **140.** *S. 1444. 1905.*

Der Verf. geht aus von einem stärkeren, direkt gezogenen Draht und vermindert den Querschnitt, indem er ihn als positive Elektrode in ein elektrolytisches Bad hängt. Von Zeit zu Zeit mißt er den Widerstand, wodurch der Querschnitt gegeben ist, und unterbricht den Strom, sobald die gewünschte Feinheit erreicht ist.

Als Gefäß ist eine flache Porzellanschale geeignet, in welcher der Draht gut sichtbar ist. Die Lösung muß sehr verdünnt sein, damit der Übergangswiderstand vom Draht bis zum breiten Querschnitt der Flüssigkeitsmasse groß ist gegen den Widerstand des Drahtes selbst, damit also der Strom sich gleichmäßig verteilt und der Draht auf seiner ganzen Länge gleichmäßig abgeätzt wird. Geeignet ist destilliertes Wasser mit einigen Tausendteilen an Gewicht des Metallsalzes (Kupfersulfat für Kupferdrähte, Silbernitrat für Silberdrähte).

Die Stromstärke muß klein sein, damit das am Draht gebildete Metallsalz Zeit hat, fort zu diffundieren, und nicht die Leitfähigkeit des Bades in der Umgebung des Drahtes zu sehr erhöht. Eine solche lokale Erhöhung würde baldiges Zerreißen an der betreffenden Stelle zur Folge haben. Als günstige Stromstärke wird etwa 0,01 Amp. pro *qcm* der Drahtoberfläche empfohlen. Entsprechend der Verringerung der Oberfläche muß der Strom allmählich abgeschwächt werden. Die ganze Herstellungsdauer eines Drahtes beträgt etwa $^1/_2$ Stunde.

Nimmt man als Ausgangsobjekt an Stelle eines runden Drahtes ein gewalztes Metallband, so bleibt natürlich auch das Endprodukt bandförmig.

Zwei Beispiele gibt der Verf., welche jedoch nicht die Grenze des Erreichbaren vorstellen. Zur Charakterisierung wird die Direktionskraft pro 1 *cm* Länge angegeben, und zwar als das Drehmoment, welches erforderlich ist, um das eine Ende um einen Winkel gleich $^1/_{2000}$ des Radius zu verdrehen (entsprechend 1 *mm* Ausschlag bei Spiegelablesung an einer 1 *m* entfernten Skale).

1. Runder Kupferdraht. Anfangsdurchmesser 0,021 *mm*. Durch die elektrolytische Behandlung ist der Widerstand 4,5-mal größer geworden.

Drehmoment vorher = 0,00060 Dyne · *cm*,
„ nachher = 0,00003 „ „ .

2. Band aus Phosphorbronze. $0,2 \times 0,01$ *mm*. Der Widerstand ist durch die Behandlung auf das 12-fache gewachsen.

Drehmoment vorher = 0,008 Dyne · *cm*,
„ nachher = 0,00006 „ „ .

Die erhaltenen Metallfäden sind so gleichmäßig, daß ihre Tragfähigkeit nicht gelitten hat.

Des Vergleichs halber fügt Ref. die Direktionskräfte für einen Quarzfaden und für einen nach dem Verfahren von Wellasten erhaltenen Platindraht hinzu.

Quarzfaden von 0,015 *mm*; Drehmoment = 0,00006 Dyne · *cm*.
Platindraht „ 0,01 „ ; „ = 0,00010 „ „ .

Dst.

Neu erschienene Bücher.

H. Kayser, Handbuch der Spektroskopie. 2. u. 3. Bd. gr. 8°. Leipzig, S. Hirzel.
2. XI, 696 S. m. 57 Fig. u. 4 Taf. 1902. 40 M.; geb. 44 M. — 3. VIII, 604 S. m. 94 Fig. n. 3 Taf. 1905. 38 M.; geb. 42 M.

Jeden, der die außerordentliche Tätigkeit, die seit einigen Jahrzehnten auf vielen Gebieten der physikalischen Forschung herrscht, sowie die von Jahr zu Jahr zunehmende Fülle von Publikationen über eng umgrenzte Spezialuntersuchungen beobachtet, muß das Gefühl einer gewissen Bangigkeit ergreifen bei dem Gedanken, wie es in fünfzig oder hundert Jahren wohl möglich sein soll, in jedem gegebenen Falle das ganze Gebiet der einschlägigen Literatur ohne gar zu zeitraubende Vorstudien so zu überblicken, daß man nicht in die Gefahr kommt, frühere Arbeiten zu übersehen. Diese Gefahr wird weder durch die jetzt mehrfach erscheinenden Literaturverzeichnisse noch durch die Referatenwerke vollständig beseitigt, da sich die Referate meistens mit der Darlegung des Hauptgedankens der betreffenden Arbeiten begnügen müssen. Erst durch ein Lehrbuch, für welches die allergründlichsten und umfassendsten Literaturstudien gemacht sind, kann die Gesamtheit der auf einem Gebiete geleisteten Arbeit so kondensiert und übersichtlich geordnet werden, daß jeder spätere Forscher sich schnell die durch die gemeinsame Arbeit aller seiner Vorgänger erlangten Kenntnisse aneignen und auf ihnen fußend weiterbauen kann. Wird dann ein derartiges Lehr- oder besser gesagt Handbuch nach passenden Zeiträumen weitergeführt, so kann hierdurch für alle Zeiten ein leichter und vollständiger Überblick über das betreffende Gebiet der Wissenschaft gewahrt werden. Letzteres setzt allerdings voraus, daß bei der Ausarbeitung des Handbuches mit solcher Sorgfalt verfahren wird, daß der Leser — natürlich abgesehen von besonderen Spezialuntersuchungen — nicht mehr nötig hat, auf die vor jenem erschienenen Einzelarbeiten zurückzugehen oder gar selbst noch die Literatur über jenen Zeitraum zu sammeln.

In diesem Sinne einer Kondensation und abschließenden Zusammenfassung aller bisher auf dem weiten Gebiete der Spektroskopie geleisteten Arbeit hat Kayser sein umfangreiches Handbuch angelegt, und die Wissenschaft darf sich glücklich schätzen, in dem Verfasser nicht nur einen kompetenten und kritischen, sondern auch außerordentlich fleißigen Bearbeiter dieser für den einheitlichen Fortschritt der Forschung so wichtigen Arbeit gefunden zu haben. Mehr als zehn Jahre hat sich der Verfasser von eigenen größeren Experimentaluntersuchungen zurückgezogen, um seine ganze Arbeitskraft auf die Sammlung und Sichtung des enormen, weit verstreuten Materials zu verwenden. Er begnügt sich dann nicht, wie dies in anderen Lehrbüchern geschehen ist, dem Leser ein umfangreiches Literaturverzeichnis darzubieten, sondern er hat jede einzelne der Originalschriften durchstudiert, aus jeder die Gedanken, die sie zum Fortschritte der Wissenschaft beitrug, ausgezogen und letztere dann an der geeigneten Stelle, stets mit genauer Quellenangabe, in die Darstellung seines Handbuches mit kritischen Bemerkungen eingefügt, sodaß dieses vor den Augen des Lesers ein anziehendes Bild der geschichtlichen Entwicklung aller unserer bisherigen spektroskopischen Kenntnisse entrollt.

Auf den im Jahre 1900 erschienenen ersten Band[1]) des ursprünglich auf fünf Bände berechneten Werkes, der nach einem Überblicke über die Geschichte der Spektroskopie die spektroskopischen Apparate und Beobachtungsmethoden enthielt, sind nach verhältnismäßig kurzen Zeiträumen im Jahre 1902 der zweite und im Frühjahr 1905 der dritte Band gefolgt. Es soll hier nur eine ganz gedrängte Übersicht über den außerordentlich reichen Inhalt dieser beiden Bände gegeben werden, da dies genügen wird, um den großen Wert des Kayserschen Buches deutlich erkennen zu lassen.

Der zweite Band, dessen Inhalt die allgemeinen Theorien der Emission und Absorption umfaßt, enthält in seinem ersten Kapitel (62 S.) das Verhältnis der Absorption zur Emission, also das Kirchhoffsche Gesetz, seine historische Entwicklung und die verschiedenen Beweise und experimentellen Prüfungen desselben. Das zweite Kapitel (70 S.) ist den Untersuchungen über die Ableitung der Kirchhoffschen Funktion und die Gesetze der Strahlung fester Körper gewidmet. Die zahlreichen Arbeiten über die Strahlung des schwarzen Körpers, über den Gültigkeitsbereich des Stefanschen Gesetzes und über die Abhängigkeit der spektralen Energieverteilung von der Temperatur werden hier eingehend behandelt.

Führten die im zweiten Kapitel besprochenen Untersuchungen, wenn auch nicht zu abschließenden, so doch immerhin zu positiven und sicheren Resultaten, so zeigt das folgende, die Strahlung der Gase enthaltende Kapitel (75 S.) recht deutlich, wie weit wir trotz der vielen auf diesem Gebiete aufgestellten Theorien noch von einer einwandfreien Erklärung der Leuchtvorgänge entfernt sind. Das ist aber auch ganz natürlich, da ja eine mechanische Erklärung der Leuchterscheinungen in Flammen oder in elektrisch erregten Gasen unzertrennlich verbunden ist mit einer Erklärung des Aufbaues und der Bewegungen der Moleküle sowie der Veränderungen, die diese durch chemische und elektrische Vorgänge erleiden. Die früher weit verbreitete Ansicht, daß das Spektrum eines Gases lediglich von dessen Temperatur abhängig sei, dürfte jetzt wohl ziemlich allseitig aufgegeben worden sein, und ohne Zweifel ist die Elektronentheorie bei weitem mehr geeignet, tiefer in das Verständnis der Leuchtvorgänge einzuführen.

Im vierten Kapitel (70 S.) gelangen die Beobachtungen über Verbindungsspektra und mehrfache Spektra desselben Elementes sowie die zu deren Erklärung aufgestellten Theorien zur Besprechung, besonders wird Lockyers Dissoziationstheorie eingehend behandelt, der der Verf. im ganzen zustimmt. Auch im nächsten Kapitel (49 S.), welches den Einfluß von Druck, Temperatur und Entladungsart auf die Breite und Lage der Spektrallinien umfaßt, hat der Verf. auf Grund seiner kritischen Behandlung des gesamten Beobachtungsmaterials wieder manche irrige Ansicht zurückzuweisen; es ist ein interessanter Abschnitt, der namentlich auch für die Astrophysik wichtige Erscheinungen enthält. Hieran anschließend werden in einem kurzen Kapitel (28 S.) die Untersuchungen über die Struktur und die Umkehrungserscheinungen der Linien behandelt.

Das siebente Kapitel (93 S.) ist von Dr. H. Konen, einem sehr geschickten Mitarbeiter Kaysers, geschrieben und enthält eine erschöpfende geschichtliche und theoretische Behandlung des Dopplerschen Prinzips. Unter den astrophysikalischen Beweisen für die Richtigkeit des Dopplerschen Prinzips führt der Verf. die Beobachtungen der Planeten und Kometen, des Mondes und der Sonnenrotation an; es wäre hier noch darauf hinzuweisen gewesen, daß die spektroskopische Geschwindigkeitsbestimmung jedes Fixsterns zunächst die variable Bewegung des Sterns relativ zur Erde ergibt, aus der man erst durch Abzug der aus den bekannten Dimensionen der Erdbahn berechneten Geschwindigkeit der Erde die (wenn man von den Sternen mit veränderlicher Geschwindigkeit absieht) konstante Bewegung des Sterns erhält. Die Anbringung dieser bis auf ± 30 *km* steigenden „Reduktion auf die Sonne" hat sich bisher ausnahmslos als richtig erwiesen, und hierin liegt die zuverlässigste Bürgschaft sowohl für die Richtigkeit des Dopplerschen Prinzips überhaupt als auch für seine Anwendbarkeit auf die astrophysikalischen Beobachtungen.

[1]) Vgl. *diese Zeitschr.* **22.** *S. 319. 1902.*

Die beiden letzten Kapitel des zweiten Bandes zeigen wiederum den innigen Zusammenhang der Spektralerscheinungen mit den molekularen Bewegungen. Das achte, wieder von Kayser selbst geschriebene Kapitel (143 S.) enthält die Lehre von den Gesetzmäßigkeiten in den Spektren. Es ist bekannt, wie wichtige Arbeiten der Verf. selbst auf diesem Gebiete ausgeführt hat, sodaß man seinen Darlegungen mit ganz besonderem Interesse folgt. Für das letzte, den Zeeman-Effekt behandelnde Kapitel (60 S.) hat der Verf. in Prof. C. Runge einen ebenso kompetenten wie geschickten Bearbeiter gefunden.

Der soeben erschienene dritte Band des Werkes sollte nach dem ursprünglichen Plane die Darstellung aller Kenntnisse über die Absorption des Lichtes enthalten. Während der Arbeit wuchs das Material aber dermaßen an, daß dasselbe auf zwei Bände verteilt werden mußte. Der vorliegende dritte Band enthält daher zunächst nur die Besprechung der Apparate und Methoden zur Beobachtung der Absorptionsspektra, die Darstellung unserer Kenntnisse über den Zusammenhang der Absorption mit der Konstitution der Verbindungen sowie das Beobachtungsmaterial über unorganische und künstliche organische Stoffe. Der vierte Band soll dann die Besprechung der natürlichen Farbstoffe aus Pflanzen- und Tierreich sowie die mit der Absorption zusammenhängenden Erscheinungen der Dispersion, Fluoreszenz und Phosphoreszenz enthalten.

Das erste Kapitel (67 S.) des dritten Bandes wird eingeleitet durch einen historischen Überblick über die Entwicklung unserer Ansichten über das Wesen und die Gesetze der Absorption. Mit Recht beklagt der Verf. die geringe Einheitlichkeit in der Nomenklatur der Absorptionserscheinungen, und er sucht durch Aufstellung eines Schemas die verschiedenen Bezeichnungen für die Zukunft festzulegen. Um so mehr ist es zu bedauern, daß dem Verf. selbst ein kleines Versehen passiert ist, durch welches seine Formeln unrichtig geworden sind, wodurch für einen unkundigen Leser die Verwirrung nur noch erhöht wird. Ich will hier in Kürze die Berichtigung geben, indem ich an die Darstellung auf *S. 12* des 3. Bandes anknüpfe.

Auf eine planparallele Schicht falle eine homogene Lichtmenge von der Intensität J_0; davon wird an der ersten Fläche der Bruchteil R reflektiert, sodaß in die Schicht die Lichtmenge

$$J = J_0(1-R)$$

eintritt. Beim Durchgange durch die Schicht werde davon der Bruchteil A absorbiert, sodaß bis zur zweiten Grenzfläche die Lichtmenge

$$J' = J(1-A) = J_0(1-R)(1-A)$$

gelangt. Hiervon wird an der zweiten Fläche wieder der Teil R reflektiert, sodaß — abgesehen von dem mehrfach reflektierten Licht — die Menge

$$J_1 = J'(1-R) = J_0(1-R)^2(1-A)$$

austritt.

Nun sagt der Verf.: „Man nennt nun Absorptionsvermögen A den Ausdruck $\frac{J-J_1}{J}$, das Verhältnis der absorbierten Lichtmenge zur eintretenden."

Das ist nicht richtig, da ja in J_1 nicht nur die Absorption, sondern auch noch die Reflexion an der zweiten Grenzfläche enthalten ist. Es muß vielmehr heißen

$$\text{Absorptionsvermögen } A = \frac{J-J'}{J}.$$

Ebenso ist in allen folgenden Formeln auf *S. 13 u. 14* J' an Stelle von J_1 einzusetzen. In dem Bezeichnungsschema auf *S. 15* bleibt nur die erste Definition

$$\text{Durchlässigkeit } \frac{J_1}{J_0}$$

unverändert, da hier der Verf. wohl die gesamte aus Absorption und Reflexion entstehende Lichtschwächung zusammenfassen will. Die folgende Zeile muß wieder heißen $D = \frac{J'}{J}$, und von da an ist wieder überall J' statt J_1 zu setzen, also

$$J' = Ja^d = Je^{-kd} \quad \text{u. s. w.}$$

Auf der folgenden *S. 16* ebenso wie vorher auf *S. 11* wendet der Verf. für dieselben Begriffe wieder andere Buchstabenbezeichnungen an und es wäre wohl praktischer gewesen, überall dieselben Zeichen beizubehalten, zumal da ja gerade dieser Teil seines Handbuches häufig von Personen zu Rate gezogen werden wird, denen der Umgang mit mathematischen Formeln nicht geläufig ist, und die durch jene Ungleichmäßigkeit zu schweren Irrtümern kommen können.

Weiter enthält das erste Kapitel noch die etwas knappe Besprechung der zur Messung der Absorption benutzten Spektralphotometer und der Beobachtungsmethoden.

Mit dem zweiten Kapitel (72 S.) tritt der Verf. in die Behandlung der recht komplizierten Abhängigkeit der Absorptionsspektra von der Temperatur, Konzentration und Konstitution der Lösungen ein; auf Grund seiner Diskussion des vorhandenen Beobachtungsmaterials glaubt er der Ostwaldschen Theorie von der Farbe der Ionen nicht zustimmen zu können.

Das folgende, umfangreiche Kapitel (165 S.) über den Zusammenhang der Absorption mit der Konstitution organischer Verbindungen hat Prof. W. N. Hartley, der selbst bei weitem die ausgedehntesten Untersuchungen auf diesem Gebiete ausgeführt hat, beigetragen. Sowohl in diesem als auch in den beiden folgenden, wieder von Kayser selbst geschriebenen Kapiteln, welche die „Absorption ausgewählter Stoffe" (138 S.) und ein alphabetisches Verzeichnis der bis jetzt bekannten Absorptionsspektra (120 S.) enthalten, ist ein außerordentlich umfangreiches und weit verstreutes Beobachtungsmaterial mit großem Fleiße zusammengetragen. Jeder, der einmal in der Lage war, Angaben über Absorptionsspektra zusammensuchen zu müssen, wird den ganz unschätzbaren Wert dieser Listen zu würdigen wissen.

Zwar wird man bei Benutzung des Kayserschen Werkes öfters anderer Ansicht sein als der Verf., man wird auch auf typographische Fehler stoßen (z. B. *S. 80* dicht hinter einander für Schwefelkohlenstoff die vier Bezeichnungen CS_2, SC_2, SS_2 und CS^2), die für den Anfänger eine gewisse Vorsicht in der Anwendung der Angaben geboten erscheinen lassen; jedoch wird hierdurch der enorme Wert des Werkes nicht im mindesten beeinträchtigt, und es ist zu erwarten, daß auch der dritte Band, ebenso wie es bei den zwei früheren Bänden der Fall gewesen ist, in hohem Maße befruchtend und anregend auf die wissenschaftliche Tätigkeit einwirken wird. *J. H.*

W. Jordan, Handbuch der Vermessungskunde. Erster Band. Ausgleichungsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate. 5. Aufl., herausgegeben von C. Reinhertz. gr. 8°. XII, 582 und [21] S. Stuttgart, J. B. Metzler 1904. 13,60 M.

Diese 5. Aufl. des 1. Bandes des Jordanschen Handbuchs der Vermessungskunde ist wie die in *dieser Zeitschr.* **24.** *S. 369. 1904* besprochene, kurz zuvor erschienene 6. Aufl. des 2. Bandes von Prof. Dr. Reinhertz in Hannover bearbeitet worden. Die Änderungen sind hier noch weniger einschneidend als dort, wie schon der Vergleich des Umfangs der 4. und 5. Aufl. dieses 1. Bandes zeigt (574 und [21] S. gegen jetzt 582 und [21] S.); eine eingehendere Besprechung des bekannten und weit verbreiteten Buchs ist deshalb nicht notwendig. Reinhertz hat nur das II. Kapitel, Triangulierungsnetze, zweckmäßiger geordnet, insbesondere die in der 4. Aufl. dem Ganzen angehängten „Nachträge" in den Text aufgenommen, ferner im III. Kapitel, nach der 3. Aufl. von 1888, die Ausgleichung eines rückwärts eingeschnittenen Punkts unter Annahme der Fehlerfreiheit der Winkelmessung im Vergleich mit den Koordinatenfehlern der gegebenen Punkte sowie einen Paragraphen über die Andrae-Helmertsche Fehlerellipse wieder aufgenommen, was Jordan in der 4. Aufl. weggelassen hatte. Kapitel I hat gar keine, Kap. IV und V haben nur kleine Änderungen erfahren.

Der Hauptwert des Bandes liegt weniger in den allgemeinen theoretischen Teilen (obgleich auch diese vielfach anregend gewirkt haben und wirken, wie z. B. Helmert unlängst angegeben hat, daß er zu seinem neuen Beweis der Gaußschen Formel $m^2(n-i) = [p\,v\,v]$ durch den von Jordan eingeschlagenen Weg, vgl. § 16 und 27 des vor-

liegenden Bandes, angeregt worden sei), als vielmehr in der in alle Einzelheiten verfolgten *Anwendung* der Methode der kleinsten Quadratsumme auf die *Triangulierungsarbeiten*, seien es trigonometrische Netze oder Punkteinschaltungen in ein gegebenes Netz trigonometrischer Punkte.

Auf ein Versehen in Beziehung auf die Aufstellung der Bedingungsgleichungen im Dreiecksnetz möchte ich hier noch aufmerksam machen. *S. 187* ist die zweite Regel für das Abzählen der Dreiecks- (oder allgemeiner Polygon-) Schlußgleichungen nicht richtig. Ich habe s. Z. Jordan bald nach dem Erscheinen der 4. Aufl. (1895, wo diese Regel zuerst aufgestellt war) auf den Irrtum hingewiesen. Der Fehler erscheint jedoch hier abermals. Sogar in der Anwendung der Regel auf die Figur von Jordan selbst, die hier ungefähr reproduziert ist, ist das Ergebnis unrichtig, denn die Anzahl der in Fig. 1 vorhandenen geschlossenen Dreiecke ist nicht, wie *a. a. O.* angenommen ist, 11 sondern 12, sodaß $\Delta - S = 10$ wäre,

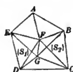


Fig. 1.

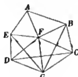


Fig. 2.



Fig. 3.



Fig. 4.



Fig. 5.



Fig. 6.

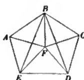


Fig. 7.

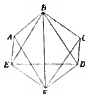


Fig. 8.

während die richtige Zahl der unabhängigen Dreiecksschlußgleichungen nach der bekannten Gaußschen Regel bei $l = 15$ beiderseits beobachteten Linien zwischen $p = 7$ Punkten

$$l - p + 1 = 9$$

beträgt. Daß die von Jordan aufgestellte oder eine ähnliche Regel, die die *Schnittpunkte von „Diagonalen"* ins Auge faßt, überhaupt allgemein kein richtiges Resultat geben kann, sieht man sofort daran, daß, wenn z. B. in Fig. 1 der Punkt G jenseits CD (von A aus gesehen) gelegt wird (Fig. 2), wodurch die Figur in Beziehung auf die Bedingungsgleichungen offenbar *unverändert* bleibt (abermals 9 Dreiecksschlußgleichungen), nach der Jordanschen Regel die Konfiguration eine ganz andere Zahl von Dreiecksschlußgleichungen als oben erhielte: es wäre $S = 5$ (ausdrücklich sollen nach *S. 187/188* nicht nur die Schnittpunkte der *Vierecks*-Diagonalen, sondern alle Schnitte, wie z. B. also die zwischen EG und CD und zwischen BG und CD gezählt werden), somit Zahl der Dreiecksschlußgleichungen gleich $12 - 5 = 7$, ebenso unrichtig wie 10 nach Fig. 1. Schon die allereinfachsten Ketten- und Netzfiguren bestätigen das bereits Gesagte; die einfachste „Dreieckskette" nach der älteren Bezeichnungsweise (Kette = Konfiguration *ohne*, Netz = Konfiguration *mit Seiten*-Bedingungsgleichungen) ebensowohl wie das einfachste „Dreiecksnetz" kann nach Fig. 3 u. 4 und Fig. 5 u. 6 Selbstschnitte der Seiten haben; Fig. 3 u. 4 einerseits, Fig. 5 u. 6 andrerseits sind offenbar in Beziehung auf *alle* Bedingungsgleichungen vollständig gleichwertig (dort Dreiecksgleichungen 2, Seitengleichungen 0, im ganzen 2; hier Dreiecksgleichungen 3, Seitengleichungen 1, im ganzen 4); und doch ist in Fig. 3 $S = 0$, in Fig. 4 $S = 1$; in Fig. 5 $S = 1$, in Fig. 6 $S = 0$. Oder, um noch ein drittes Beispiel anzuführen, sind wieder Fig. 7 u. 8 offenbar in Beziehung auf die Bedingungsgleichungen ganz gleichwertig; es liegt nur in Fig. 7 F innerhalb, in

Fig. 8 außerhalb des durch die folgeweise Verbindung der 5 andern Punkte gebildeten Fünfecks; nach der Jordanschen Regel gäbe es aber in Fig. 7 8 und in Fig. 8 5 Dreiecksgleichungen, während je 7 unabhängige vorhanden sind.

An was Jordan wahrscheinlich gedacht hat, ist folgende Überlegung: man wird wohl die Anzahl der unabhängigen Dreiecksschlußgleichungen erhalten, wenn man von der Zahl der sämtlichen vorhandenen geschlossenen Dreiecke Δ die Zahl der in der Konfiguration enthaltenen *vollständigen Vierecke* V abzieht, wobei zu beachten ist, daß ein vollständiges Viereck die Form Fig. 5 oder 6 haben kann, der Schnitt der zwei Diagonalen ist nicht wesentlich. In der Tat enthält sowohl Fig. 1 als Fig. 2 drei vollständige Vierecke (in Fig. 1 zwei von der Art 5, eines von der Art 6, in Fig. 2 drei von der Art 5), sodaß die Zahl der Dreiecksschlußgleichungen je $12 - 3 = 9$ wäre, was richtig ist; auch in der Anwendung auf die Fig. 7 und 8 mit ebenfalls je $V = 3$ würde die Überlegung stimmen, $\Delta - V = 7$; auch die Fig. 5 und 6 gehen mit $\Delta = 4$ und $V = 1$ die richtige Zahl 3 der Dreiecksschlußgleichungen. Es ist jedoch leicht einzusehen, daß auch dieser Überlegung *keine* allgemeine Gültigkeit zukommt, daß sie vielmehr nur unter gewissen Bedingungen richtig ist, die aufzustellen aber hier unterbleiben kann. Denn ein Bedürfnis nach einer derartigen weitern Regel zur Abzählung der Bedingungsgleichungen (von der Art der Dreiecksschlußgleichungen) neben der Gaußschen ist nicht vorhanden. *Hammer.*

Sammlung Schubert. 8°. Leipzig, G. J. Göschen.
XI. W. F. Meyer, Differential- u. Integralrechnung. 2. Bd.: Integralrechnung. XVI, 444 S. m. 36 Fig. 1905. Geb. in Leinw. 10 M.

Männer der Wissenschaft. Eine Sammlg. v. Lebensbeschreibgn. zur Geschichte der wissenschaftl. Forschg. u. Praxis. Hrsg. v. Dr. Jul. Ziehen. gr. 8°. Leipzig, W. Weicher. Je 1 M.
2. W. Ostwald, R. W. Bunsen. 40 S. m. 1 Bildnis. 1905.

H. Erdmann u. P. Köthner, Naturkonstanten in alphabetischer Anordnung. Hülfsbuch f. chem. u. physikal. Rechngn., m. Unterstützg. des internationalen Atomgewichtsausschusses hrsg. gr. 8°. VI, 192 S. Berlin, J. Springer 1905. Geb. in Leinw. 6 M.

Wissenschaft, Die. Sammlung naturwissenschaftl. u. mathemat. Monographien. 8°. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn.
5. Heft: O. Frölich, Die Entwicklung der elektrischen Messungen. XI, 192 S. m. 125 eingedr. Abbildgn. XI, 192 S. 1905. 6 M.; geb. in Leinw. 6,80 M.

F. Kohlrausch, Lehrbuch der praktischen Physik. 10. verm. Aufl. des Leitfadens der prakt. Physik. gr. 8°. XXVIII, 656 S. m. Fig. Leipzig, B. G. Teubner 1905. Geb. in Leinw. 9 M.

A. Righi, *Modern Theory of Physical Phenomena. Radioactivity, Ions, Electrons.* 8°. XII, 165 S. m. Fig. New York 1905. Geb. in Leinw. 6 M.

H. A. Lorentz, Ergebnisse u. Probleme der Elektronentheorie. Vortrag. 8°. 62 S. Berlin, J. Springer 1905. 1,50 M.

Abhandlungen, Wissenschaftliche, der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt. IV. Bd. 2. Hft. 4°. S. 131—266 m. Fig. Berlin, J. Springer 1905. 8 M.

Adreßbuch der lebenden Physiker, Mathematiker u. Astronomen des In- u. Auslandes u. der technischen Hülfskräfte. Zusammengestellt v. Fr. Strobel. gr. 8°. X, 208 S. Leipzig, J. A. Barth 1905. 7 M.; kart. 7,60 M.

Festschrift, Adolph Wüllner gewidmet zum 70. Geburtstage, 13. VI. 1905, von der Königl. techn. Hochschule zu Aachen, ihren früheren u. jetzigen Mitgliedern. gr. 8°. VIII, 264 S. mit dem Bildnis A. Wüllners in Heliogravüre, 8 Taf. u. 91 Fig. im Text. Leipzig, B. G. Teubner 1905. 8 M.; geb. 9 M.

C. Huygens, *Oeuvres complètes, publiées par la Société Hollandaise des Sciences. Tome X: Correspondance 1691—1695.* 4°. 815 S. m. Fig. La Haye 1905. 25 M.
Tome I à IX: Correspondance 1638—1690. Mit Porträts, Tafeln u. Figuren. 225 M.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Kuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. H. Landolt, Vorsitzender, Prof. Dr. A. Westphal, geschäftsführendes Mitglied,
Dr. H. Krüss, Dr. S. Czapski.

Redaktion: Prof. Dr. St. Lindeck in Charlottenburg-Berlin.

XXV. Jahrgang. **September 1905.** Neuntes Heft.

Ein Planimeter zur Bestimmung der mittleren Ordinaten beliebiger Abschnitte von registrierten Kurven.

Von
Adolf Schmidt in Potsdam.

In Wissenschaft und Technik breitet sich der Gebrauch von Registrierapparaten mehr und mehr aus. Das ist durchaus begreiflich. Die selbsttätige Aufzeichnung bietet in einfachster Weise nicht nur die Möglichkeit, für jeden Augenblick den Wert des beobachteten Elements noch nachträglich festzustellen, sie gibt auch die beste zusammenfassende Darstellung des ganzen Verlaufs der Erscheinung in einer unmittelbar anschaulichen Form. Damit ist ein weiterer Vorteil verknüpft. Das durch diese Darstellung etwa als Kurve oder in einer gleichwertigen Form gewonnene Beobachtungsmaterial bildet eine vollständige und besonders bequeme Grundlage für anschließende Untersuchungen, Ableitung von Mittelwerten, Feststellung funktioneller Beziehungen u. dgl.

Man denke etwa — es sei nur an eins der ältesten und am allgemeinsten bekannten Beispiele erinnert — an das Indikatordiagramm einer Dampfmaschine, das dem Kundigen nicht nur durch die Einzelheiten seiner Gestalt unmittelbar zahlreiche, wertvolle Aufschlüsse gibt, sondern ihn auch durch einfache Planimetrierung die während des Hubes geleistete Arbeit und damit eine fundamentale Angabe über die Maschinentätigkeit finden läßt. Oder man denke an die zahlreichen Diagramme, deren sich die Elektrotechnik bedient, und die sich nicht weniger durch die Mannigfaltigkeit der verfolgten Zwecke wie durch diejenige der zur Registrierung dienenden Hülfsmittel auszeichnen.

Soweit die Aufzeichnungen auf mechanischem Wege, sei es direkt, sei es unter Benutzung elektrischer Vorgänge, erfolgen, besteht die gelegentlich auch schon ausgenutzte Möglichkeit, derartige anschließende Auswertungen, die meistens auf Integrationen hinauskommen, mit der Aufzeichnung selbst zu verbinden. Bei Registrierungen mit Hülfe des Lichtes, bei denen man bisher ausschließlich den nächstliegenden Weg der photographischen Aufzeichnung benutzt hat, ist dies noch nicht geschehen. Doch würde es auch hier durch Verwendung von licht- oder wärmeempfindlichen Apparaten (Selenzellen, Thermosäulen, Bolometern) und mit Benutzung von Einrichtungen nach dem Prinzip des Sprungschen Wagebarographen möglich sein, zunächst eine Übersetzung in mechanische oder elektrische Vorgänge und damit die Auslösung genügender Energiemengen zur mechanischen Aufzeichnung und Auswertung zu gewinnen.

Leider muß gesagt werden, daß gerade die Wissenschaft, die doch den Gebrauch registrierender Apparate zuerst eingeführt und von der ihn erst später die Technik

übernommen hat, weit weniger als diese zur Benutzung von Instrumenten bei der Auswertung ihrer Aufzeichnungen fortgeschritten ist. Sie verwendet kaum etwas anderes als das einfache Planimeter und den harmonischen Analysator, und auch diese gar zu selten und in viel zu beschränkter Weise. Der Grund hiervon ist einerseits darin zu suchen, daß die Technik über unvergleichlich größere äußere Mittel gebietet, einen als wertvoll erkannten Gedanken zu verwirklichen, als es der wissenschaftlichen Forschung jemals beschieden sein kann; andererseits ist aber dafür ohne Zweifel auch der Umstand verantwortlich zu machen, daß der ökonomische Gesichtspunkt, der in der Technik eine so wichtige, ja man darf beinahe sagen die ausschlaggebende Rolle spielt, in der Wissenschaft noch viel zu wenig Geltung gewonnen hat. Die durchaus richtige, ideale Auffassung, daß für die wissenschaftliche Forschung an sich nichts zu klein und unbedeutend ist, verführt, falsch verstanden, überall da, wo nicht Anforderungen des praktischen Lebens einen heilsamen Zwang ausüben, leicht zu einer Vergeudung wissenschaftlicher Arbeitskraft durch ihre Verschwendung an zeitraubende, endlos wiederholte, rein mechanische Arbeiten, die ohne Schaden für die Sache von weniger Vorgebildeten geleistet oder durch mechanische Hülfsmittel wesentlich vermindert werden könnten. Freilich wird selbst bei der höchsten wissenschaftlichen Forschung fast immer der größte Teil der Zeit auf die Ausführung von an sich unbedeutenden, einfachen Tätigkeiten entfallen, die kein anderer als der das Ganze beherrschende Gelehrte zweckmäßig erledigen und für das Ganze nutzbar machen kann; ja gerade die Verwendung instrumenteller Hülfsmittel wird vielfach neue Arbeiten dieser Art schaffen. Aber der wissenschaftliche Arbeiter wird mit ihrer Unterstützung, und wenn ihm nichts, was andere erledigen können, aufgebürdet wird, wesentlich mehr leisten können, als er andernfalls vermag.

Dieser Gesichtspunkt verdient vor allem bei solchen wissenschaftlichen Forschungen Beachtung, die sich auf ein umfangreiches, immer weiter anwachsendes Beobachtungsmaterial stützen, wie dies in der Meteorologie und der erdmagnetischen Forschung der Fall ist. Seine Vernachlässigung zwingt zu einer ungenügenden Ausnützung des Materials, drückt also den Ertrag der für dieses gemachten Aufwendungen herab. Demgegenüber sollte man sich, wenn der Fortschritt der Wissenschaft neue Fragestellungen ergibt, die auf umfangreiche laufende Arbeiten führen, stets die Aufgabe stellen, dafür die einfachsten und möglichst wenig wissenschaftliche Arbeitskraft verbrauchenden Mittel und Wege aufzusuchen. In den meisten Fällen wird diese Aufgabe am besten durch die Konstruktion instrumenteller Hülfsmittel, die dem besonderen Zweck angepaßt sind, zu lösen sein. Der zuletzt erwähnte Punkt, die spezielle Anpassung an den einzelnen Zweck, verdient ausdrücklich als wesentlich hervorgehoben zu werden. Bei gelegentlichen Arbeiten wird man sich stets ohne Schwierigkeit, nötigenfalls unter passender Umgestaltung der Aufgabe, mit Universalapparaten wie dem Polarplanimeter behelfen können und wegen der unübersehbaren Mannigfaltigkeit solcher Aufgaben auch behelfen müssen. Anders bei laufenden Arbeiten, bei denen jede selbst nur geringe Vereinfachung und Beschleunigung der regelmäßig auszuführenden Operationen wegen ihrer häufigen Wiederholung eine merkliche Ersparnis an Zeit und Mühe gewährt, die die Kosten der Konstruktion besonderer instrumenteller Hülfsmittel reichlich aufwiegt.

Von diesen Erwägungen geleitet, ist das Potsdamer Magnetische Observatorium bestrebt, nach und nach eine Anzahl von Apparaten zur Verarbeitung seiner laufenden Aufzeichnungen zu schaffen, die an dieser Stelle beschrieben werden sollen, da sie

auch für andere Institute gleicher oder ähnlicher Art von Nutzen sein können. Bis jetzt sind zwei von diesen Apparaten praktisch ausgeführt und erprobt worden: ein Planimeter zur Bestimmung der Mittelwerte der Ordinaten beliebiger Abschnitte von registrierten Kurven und ein Pantograph zum Umzeichnen solcher Kurven unter unabhängiger Änderung des Maßstabs in der Abszissen- und der Ordinatenrichtung, kurz gesagt also zu ihrer affinen Transformation. Eine Beschreibung des Pantographen, dessen erstes Exemplar an das Bureau der Deutschen Südpolar-Expedition geliefert worden ist, soll später gegeben werden, sobald das jetzt im Bau befindliche, für das Observatorium selbst bestimmte Exemplar einige Zeit in regelmäßiger Tätigkeit gewesen sein wird.

Die Aufgabe, deren Lösung der erstgenannte Apparat dienen soll, gewinnt mehr und mehr an Bedeutung. Bis jetzt hat man sich fast allgemein begnügt, Ordinatenmittel für die ganze Kurve, die meistens den Verlauf des registrierten Elements während eines Tages darstellt, abzuleiten, und zwar vorwiegend durch Messung einzelner äquidistanter Ordinaten (meistens solcher von Stunde zu Stunde) und durch Berechnung des Durchschnitts dieser Einzelwerte. Bei stärker gestörten magnetischen Kurven muß dieses Verfahren gelegentlich zu beträchtlichen Fehlern führen; indessen kann man diese durch Ausmessung einer größeren Zahl von Ordinaten oder aber bequemer und besser durch Benutzung des Rollplanimeters beliebig herabdrücken.

Nun zeigt es sich aber notwendig, das Ordinatenmittel auch für beliebige Abschnitte der Kurve, und zwar vorzugsweise für die einzelnen Stundenintervalle zu bestimmen. Bei ruhigen, nicht durch starke unregelmäßige Schwankungen entstellten Kurven läßt sich diese Aufgabe sehr bequem und hinreichend genau mit Hülfe einer passend eingerichteten Skale lösen, indem man eine zur Basislinie parallele Gerade so lange verschiebt, bis die zwischen ihr und der Kurve sowie den Grenzordinaten liegenden Flächenstücke oberhalb und unterhalb der Kurve gleich groß erscheinen. Bei gestörten Kurven, bei denen dieses einfache Verfahren nicht mehr die erforderliche Sicherheit besitzt, könnte man daran denken, sich zur Auswertung eines gewöhnlichen Planimeters zu bedienen. Aber dazu müßte man zunächst die 25 Grenzordinatenlinien auf dem Blatte, das nur die Kurve und die in Stundenintervalle geteilte Basislinie (die Abszissenachse) enthält, einzeichnen und müßte dann weiter zur Gewinnung jedes einzelnen Stundenmittelwertes die zugehörige Fläche vollständig mit dem Führungsstift umfahren. Es hat dies, wenn das Planimeter nicht auf eine sehr geringe Empfindlichkeit eingestellt ist, leicht mancherlei Unbequemlichkeit im Gefolge, besonders wenn die zu verschiedenen Stunden gehörigen Ordinaten stark verschieden sind und die gegenseitige Lage von Papier und Planimeter deshalb wiederholt geändert werden muß, ganz abgesehen von der natürlich nötigen häufigen Längsverschiebung. Durch Benutzung eines Scheiben- oder eines Rollplanimeters würden sich allerdings diese Unbequemlichkeiten wesentlich mildern lassen. Aber die vollständige Umfahrung von 24 Flächenstücken für jeden Tag bildet, auch wenn man durch passende Einteilung oder durch Benutzung einer Tabelle dabei sofort die Mittelordinaten erhält, eine recht lästige und zeitraubende Arbeit. Und überdies ist die Genauigkeit der Ergebnisse unter Umständen nicht ausreichend. Bei den magnetischen Registrierungen mißt der auf eine Stunde entfallende Abszissenabschnitt a gewöhnlich 15 oder 20 *mm*, die Ordinaten b sind manchmal 100 bis 150 *mm* lang. Da man letztere durch Division der vom Planimeter angezeigten Fläche f mit a erhält, so müssen a und f bis auf denselben Bruchteil ihres Wertes gemessen sein,

bis auf den man b scharf angeben will, ja streng genommen noch etwas genauer, da beider Fehler zusammenwirken. Nun gibt man b auf Zehntelmillimeter an. Begnügt man sich auch mit Rücksicht auf manche andere Unsicherheiten damit, eine Schärfe von 0,3 *mm* zu fordern, so bedeutet dies doch schon, daß a und f bis auf mindestens (1 : 500) ihres Wertes bestimmt werden müssen. Bei f ist dies zu erreichen möglich, nicht aber bei a, das hiernach mindestens auf $^1/_{25}$ *mm* sicher gemessen und bei der Umfahrung mit dem Stift des Planimeters eingehalten werden müßte. Nun könnte man sich im Falle großer Ordinaten dadurch helfen, daß man eine dem mittleren Verlauf der Kurve nahe gelegene Parallele zur Abszissenachse zieht, den Abstand beider Geraden besonders mißt und das Planimeter zur Ermittelung der von jener Parallelen aus gemessenen Ordinaten verwendet. Wenn schon die Schärfe der Schlußresultate dadurch, daß sie aus zwei Werten zusammengesetzt werden müssen,

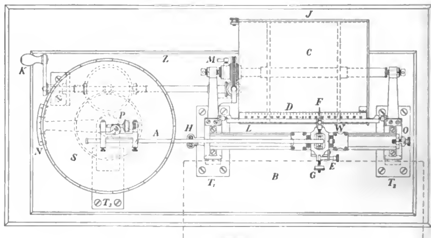


Fig. 1.

etwas verringert wird, so würde sie doch leicht auf den zuvor bezeichneten Betrag gebracht werden können, aber nur durch jene weitere Vermehrung der nötigen Arbeit.

Es ist daher, wofern man sich nicht mit einer gelegentlichen Ausmessung einzelner Werte begnügen, sondern regelmäßige Messungen dieser Art anstellen will, wünschenswert, das Planimeter so anzuordnen, daß man die erforderliche Genauigkeit erreichen kann, und daß die dazu nötige Arbeit so weit als möglich verringert wird. Insbesondere ist offenbar zu wünschen, daß der Fahrstift nur längs der Kurve, nicht auch längs der Grenzordinaten und der Basislinie zu führen sei. Diese Anfgabe aussprechen, heißt sie auch lösen. Die dazu nötigen Konstruktionselemente sind längst bekannt und erprobt, ja wohl auch bereits für ähnliche Zwecke verwendet worden. Von den verschiedenen Möglichkeiten, die sich darbieten, ist im vorliegenden Falle die bequemste die Benutzung einer rotierenden Scheibe, auf der die tangential gestellte Planimeterrolle längs eines Durchmessers so verschoben wird, daß ihre Entfernung vom Scheibenzentrum eine lineare Funktion der Ordinate ist, während die Drehung der Scheibe proportional der Änderung der Abszisse erfolgt.

Auf Grund dieser Überlegungen ist nach eingehender Besprechung mit Hrn. Toepfer jun. von der Firma O. Toepfer & Sohn in Potsdam ein Instrument gebaut

worden, das seit Beginn dieses Jahres am Observatorium benutzt wird und sich als seinem Zweck entsprechend durchaus bewährt hat. Seine Einrichtung ist aus der Grundrißskizze (Fig. 1) und der nach einer photographischen Aufnahme hergestellten Ansicht (Fig. 2) zu erkennen.

Auf einer gemeinschaftlichen Grundplatte Z, die auf einem Brett von 72 *cm* Länge und 35 *cm* Breite befestigt ist, sind die Träger T_1, T_2, T_3 montiert. T_1 und T_2 tragen erstens den zwischen Spitzen gelagerten Zylinder C, der zur Aufnahme der registrierten Kurven dient, und dessen Abmessungen sich daher nach denjenigen der Zylinder der Registrierapparate zu richten haben, zweitens die links mit einem festen, rechts mit einem justierbaren Anschlag O versehene Laufschiene L, längs deren der mittels Röllchen sicher geführte Wagen W mit dem Fahrstift F gleitet.

Vor der Laufschiene L ist eine Skale D so angeordnet, daß ihr ausgeschärfter Rand den Zylinder C seiner ganzen Länge nach berührt und somit senkrecht zu der

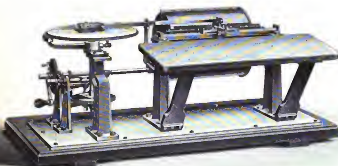


Fig. 2.

Basislinie steht, wofern diese, was leicht zu prüfen und zu erreichen ist, beim Auflegen des Blattes in die richtige Lage gebracht wird, d. h. eine in sich selbst zurücklaufende Linie bildet. Die Berührungslinie des Zylinders mit der Skale, die übrigens zurückgeklappt werden kann, aber gegen Längsverschiebungen gesichert ist, liegt 1 *cm* hinter der Spitze des Fahrstiftes F, d. h. sie halbiert ein Abszissenintervall der Basislinie, wenn F gerade am Ende dieses Intervalls steht. Die Skale, die übrigens mikrometrisch längs ihres Trägers verschiebbar eingerichtet werden könnte, trägt eine von -90 bis $+90$ bezifferte Millimeterteilung mit einigen überzähligen Strichen an jedem Ende. Der Nullpunkt liegt in der Mitte der Länge des Zylinders.

In dem Träger T_3 ist die ziemlich lange, vertikale Achse der auf ihrer Oberfläche mit Papier überzogenen Planimeterscheibe S sicher gelagert. Die auf dieser gleitende, in bekannter Weise mit einer Teilung und einem einfachen Zählwerk versehene Planimeterrolle ist durch einen an ihrem Rahmen befestigten und am Ende der Laufschiene L bei H zwischen Rolle und Feder geführten vierkantigen Stab A mit dem Führungswagen W verbunden. Die Befestigung von P an A ist justierbar, sodaß der Rand des Planimeterrädchens genau auf das Zentrum der Scheibe S gebracht werden kann und also bei Drehung der Scheibe stillsteht, wenn der Fahrstift F auf den Nullpunkt der Skale zeigt, genauer gesagt, wenn er mit diesem Nullpunkt in derselben zur Zylinderachse senkrechten Ebene liegt.

Ein durch die Kurbel K in Bewegung gesetztes Getriebe, an dessen Stelle auch ein regulierbares Laufwerk mit Federantrieb treten kann, setzt gleichzeitig die Scheibe S und den Zylinder C in Drehung. Beide sind zwangläufig miteinander verbunden, und zwar so, daß erstere vier Umdrehungen auf je eine des Zylinders macht. Da der Durchmesser von S überdies um ein Viertel größer als der von C ist, so hat die Scheibe eine 5-mal so große Umfangsgeschwindigkeit wie der Zylinder. Ihr Rand ist in 25 Teile geteilt, und zur Ablesung ihrer Stellung ist ein um ihre Achse drehbarer, beliebig feststellbarer Index N angebracht, der ein solches Intervall in 15 gleiche Abschnitte geteilt enthält. Da der Umfang des Zylinders C gerade 25 Stundenintervalle der Basislinie aufnimmt, so entsprechen die Teile des Scheibenrandes Viertelstunden und diejenigen des Index einzelnen Minuten.

Der Zylinder C kann durch Lösen der Klemmung M von der zwangläufigen Verbindung mit der Scheibe S freigemacht werden, sodaß das Auflegen und Einrichten der auszumessenden Kurven in ebenso bequemer Weise wie bei den Registrierapparaten erfolgen kann. Während dieser Arbeit wird der Führungsstift F mittels eines kleinen Exzenters E so weit angehoben, daß die zur Befestigung des Bogens dienende Feder J frei passieren kann; gleichzeitig wird die Skale D vom Zylinder abgehoben.

Der Stift F ist außerdem in der zur Laufschiene senkrechten Richtung mikrometrisch verstellbar, was die Möglichkeit gewährt, kleine parallaktische Differenzen zwischen den zusammengehörigen Punkten der Basislinie und der Kurve auszugleichen. Zur Regulierung seiner gleichmäßigen und sicheren Auflage auf dem Papier dient das Gegengewicht G.

Ein an den Trägern T_1 und T_2 durch Scharniere befestigtes und in passender Neigung abzustützendes Pultbrett B bietet den Armen eine Unterstützung und verhütet dadurch nicht nur eine schnelle Ermüdung, sondern erleichtert es auch, allen Feinheiten der Kurve genau mit der Spitze des Stiftes F zu folgen.

Die Handhabung des Apparates ergibt sich ebenso wie seine Theorie ohne weiteres aus der Beschreibung. Nachdem die Kurve aufgelegt und der Zylinder an das Getriebe oder das Laufwerk angeschlossen ist, setzt man dieses in Gang. Die Drehung erfolgt in dem Sinne, daß die einzelnen Punkte der Kurve auf die Spitze von F und damit zugleich auf den Beobachter zu kommen. Dieser bewegt nun den Wagen W, den er am besten mit sanftem Druck und Gegendruck zwischen den Fingerspitzen der beiden Hände hält, so hin und her, daß F immer auf der darunter langsam hingleitenden Kurve bleibt. Sowohl wenn F am Anfang wie dann, wenn es am Ende des auszumessenden Abschnitts steht, liest man die Angabe (u) am Umfang der Planimeterrolle ab. Außerdem liest man die Lage der Basislinie an der Skale in dem Augenblick ab, in dem sich diese in der Mitte des Intervalls befindet. Bei der gewählten gegenseitigen Einrichtung von Fahrstift und Skale tritt dies in dem wichtigsten Falle der Ausmessung von 20 *mm*-Intervallen (d. h. von Stundenabschnitten bei der gewöhnlichen Registriergeschwindigkeit) gerade dann ein, wenn F das Ende des Abschnitts erreicht, sodaß die Ablesung der Skale (s_0) mit derjenigen des Planimeters (u) zugleich zu erfolgen hat. Aus den so gewonnenen Zahlen s_0 und u ergeben sich nun in sehr einfacher Weise die gesuchten Mittelordinaten.

Es seien x und y die auf die Basislinie als Abszissenachse mit einem beliebigen Anfangspunkt darin bezogenen Koordinaten eines Kurvenpunktes, und es sei ferner y_m die durchschnittliche Ordinate des von $x = x_1$ bis $x = x_2$ reichenden Kurvenstücks, also

$$y_m (x_2 - x_1) = \int_{x_1}^{x_2} y \, dx.$$

Bezeichnet ferner s die Ablesung der Skale an diesem Punkte und s_0 diejenige an der Basislinie, so hat man, da die positive Richtung von s derjenigen von y entgegengesetzt ist, $y = s_0 - s$ und speziell $y_m = s_0 - s_m$.

Für die auszuführende Messung und ihre Berechnung ist es gleichgültig, ob s_0, das ja doch fortlaufend abgelesen wird, auf dem ganzen Verlauf der Basislinie konstant ist oder nicht. Eine etwaige Verschiedenheit, die sich bei sorgfältigem Auflegen des Bogens leicht auf einige zehntel Millimeter herabdrücken läßt, darf aber natürlich nicht groß sein, weil sonst die Fahrstiftspitze bei ihrer Bewegung nicht in der Richtung der Kurvenordinaten fortschreiten, sondern eine dagegen geneigte Linie beschreiben würde.

Infolge der zwangläufigen Verbindung von Zylinder und Scheibe ändert sich die am Rande der letzteren abgelesene Indexangabe τ proportional mit x. Dieses ist andererseits, wenn das Papier seit der Registrierung keine merkliche, ungleichmäßige Veränderung erfahren hat, der Zeit t, während der sich die registrierte Erscheinung abgespielt hat, proportional. Demnach besteht auch zwischen t und τ ein festes Verhältnis. Nach den früher gemachten Angaben über die Umdrehungsgeschwindigkeiten und die Scheibenteilung ist der Quotient dieses Verhältnisses, wenn man t in Minuten mißt, gleich der Einheit, d. h. es ist bis auf eine additive Konstante $t = \tau$, während bei Messung von x in Millimeter beide Größen rund gleich $3x$ sind.

Wegen der Proportionalität von x und τ ist nun

$$s_m = \frac{1}{x_2 - x_1}\int_{x_1}^{x_2} s\,dx = \frac{1}{\tau_2 - \tau_1}\int_{\tau_1}^{\tau_2} s\,d\tau.$$

Der Wert dieses Integrals wird durch die Drehung der Planimeterrolle gemessen, die, wenn kein Gleiten stattfindet und wenn die Rolle senkrecht auf dem durch den Berührungspunkt gehenden Scheibendurchmesser steht, mit der Bewegung des Scheibenpunktes, in dem die Berührung gerade stattfindet, der Größe nach übereinstimmt. Ist ϱ der Radius der Rolle, r ihr Abstand von der Scheibenmitte und somit der Radius des Kreises, auf dem jene sich abrollt, so macht sie $(r:\varrho)$ Umdrehungen auf eine volle Drehung der Scheibe. Nun erfolgt die Ablesung u der Rädchenteilung in Noniuseinheiten ν, von denen 1000 auf den Umfang kommen, diejenige von τ in Indexteilen, von denen einer Scheibenumdrehung $25 \cdot 15$, d. i. 375 entsprechen. Zu $u = 1000\,r:\varrho$ gehört also $\tau = 375$, und somit ist wegen der proportionalen Beziehung allgemein

$$\frac{u}{\tau} = \frac{1000\,r}{375\,\varrho} = \frac{8\,r}{3\,\varrho} \quad \text{und} \quad du = \frac{8\,r}{3\,\varrho}\,d\tau$$

oder vielmehr, wenn man nicht nur die absolute Größe, sondern auch den Sinn der Änderung zum Ausdruck bringen will, bei der tatsächlich gewählten kinematischen Anordnung des Apparats

$$du = -\frac{8\,r}{3\,\varrho}\,d\tau\,.$$

Nun zeige der Fahrstift, wenn das Rädchen die Scheibe gerade im Mittelpunkt berührt, auf den Teilstrich a der Skale, d. h. für $r = 0$ sei $s = a$. Dann ist, da sich r und s bei der Verschiebung des Wagens stets um gleich viel ändern, allgemein $s = r + a$ und somit

$$s_m = \frac{1}{\tau_2 - \tau_1}\int_{\tau_1}^{\tau_2} s\,d\tau = a + \frac{1}{\tau_2 - \tau_1}\int_{\tau_1}^{\tau_2} r\,d\tau = a - \frac{3\,\varrho}{8}\cdot\frac{1}{\tau_2 - \tau_1}\int_{u_1}^{u_2} du = a - \frac{3\,\varrho}{8}\cdot\frac{u_2 - u_1}{\tau_2 - \tau_1}\,.$$

Setzt man die Größe des benutzten Intervalls $\tau_2 - \tau_1 = T$, die Planimeterdifferenz $u_2 - u_1 = U$ und $^3/_8\,\varrho = h$, so ist hiernach

$$s_m = a - h\,\frac{U}{T} \quad \text{und} \quad y_m = s_0 - s_m = s_0 - a + h\,\frac{U}{T}.$$

Planimetriert man dasselbe Intervall mit dem auf der Basislinie gehaltenen Zeiger, was darauf hinauskommt, $y_m = 0$ zu machen, und erhält man hierbei die Planimeterdifferenz U_0, so ist hiernach

$$0 = s_0 - a + h\,\frac{U_0}{T}$$

und demnach allgemein

$$y_m = h\,\frac{U - U_0}{T}.$$

Während sich s_0 von Kurve zu Kurve ändert, ja unter Umständen schon bei einer einzelnen Kurve nicht in ihrem ganzen Verlaufe denselben Wert besitzt, ist der Faktor h offenbar eine dem einzelnen Instrument eigentümliche Konstante. Was a betrifft, so kann man es durch Verschiebung des Planimeterrahmens auf dem vierkantigen Stabe, der ihn mit dem Rahmen verbindet, beliebig ändern, insbesondere also zu Null machen.

Da für die gewöhnliche Anwendung des Apparats T einen ein für allemal fest gewählten Wert (und zwar meistens 60) besitzt, so empfiehlt es sich, dafür eine besondere Konstante

$$K = \frac{h}{T}$$

einzuführen, sodaß nun

$$s_m = a - KU \quad \text{und} \quad y_m = s_0 - a + KU = K\,(U - U_0)$$

wird.

Nur der Einfachheit halber ist in dieser Entwickelung die Voraussetzung gemacht worden, daß sich der Berührungspunkt des Rädchens auf einem Durchmesser der Scheibe bewege. Man sieht leicht ein, daß dies nicht nötig ist. Es muß nur die Drehungsachse des Rädchens stets parallel zu der Geraden sein, längs deren seine Verschiebung erfolgt, mit anderen Worten: seine Ebene muß auf seiner Bewegungsrichtung, die mit der Ordinatenrichtung zusammenfällt, senkrecht stehen.

Die Instrumentalkonstante $h = {}^3/_8\,\varrho$ hängt nur von dem Durchmesser der Planimeterrolle ab und beträgt, da dieser rund 19 *mm* mißt, etwa 3,6, woraus für Stundenintervalle, d. h. für $T = 60$, $K = 0{,}06$ folgt. Es ist aber natürlich zweckmäßiger, sie nicht aus dieser sehr schwer mit hinreichender Genauigkeit zu messenden Größe, sondern empirisch aus der Messung bekannter Ordinaten s mit dem Apparat abzuleiten, was den weiteren Vorteil bietet, daß etwaige in der einfachen Theorie nicht beachtete Nebenumstände von selbst Berücksichtigung finden und daß überdies die Zuverlässigkeit der Ergebnisse durch beliebig häufige Wiederholung unter verschiedenen in der Anwendung möglichen Bedingungen erprobt werden kann.

Das bisher Gesagte nebst einigen weiteren Punkten möge nun noch an der Hand der Ergebnisse, die die Untersuchung und der Gebrauch des dem Potsdamer Magnetischen Observatorium gehörigen Apparats geliefert hat, erläutert werden.

Die mechanische Ausführung erwies sich, nachdem einige kleine, erst durch den praktischen Gebrauch zu erkennende Mängel leicht abgestellt worden waren, in jeder Hinsicht als vollkommen.

Geprüft wurden vor allem die Leichtigkeit und Gleichmäßigkeit der Bewegung, die Abwesenheit toten Ganges in den Getrieben und sonstigen Verbindungen, die

Sicherheit und Unveränderlichkeit der Lagebeziehungen der einzelnen Teile zueinander und die Richtigkeit der Teilungen, alles natürlich innerhalb der dem Zweck des Apparats angemessenen Grenzen der Wahrnehmung durch das Gefühl und durch die Einstellung und Ablesung mit bloßem Auge. Besondere Aufmerksamkeit wurde der Lagerung des Fahrstiftes zugewendet, weil an dieser Stelle die Gefahr einer über jene Grenze hinausgehenden Veränderlichkeit am ersten vorliegt. Schon geringfügige Drehungen des weit ausladenden Stiftes würden merkliche Verschiebungen seiner Spitze in der Ordinatenrichtung herbeiführen, Verschiebungen, die voll als Fehler in die zu messenden Größen eingehen. Um solche Drehungen unmöglich zu machen, wurde die Achse, an der der Fahrstift seiner vertikalen Verstellbarkeit halber montiert werden mußte, möglichst lang gemacht und exakt zwischen Spitzen gelagert. Es schien aber zweckmäßig, außerdem eine Einrichtung zu treffen, durch die die Stellung der Zeigerspitze jeden Augenblick ohne Mühe kontrolliert werden kann. Zu diesem Zwecke ist auf dem Zylinder eine Marke angebracht, auf die der Stift zeigen soll, wenn der Führungswagen bis an den in der Beschreibung erwähnten Anschlag geschoben wird. Die Marke ist als Nonius ausgebildet, damit ihre Lage gegen die Skale, auf die ja in letzter Linie die Stellung des Zeigers zu beziehen ist, bequem abgelesen werden kann. Da diese Lage durch die Größe a definiert wird, diese aber bei passender Anordnung der Messung aus dem Resultat eliminiert wird, so genügt es übrigens, wenn die Konstanz der Zeigerstellung während kürzerer Zeit, jedenfalls während der Dauer einer Messung, verbürgt ist. Andererseits geben die dadurch jedesmal nebenbei ermittelten Werte von a ein weiteres Mittel, die Unveränderlichkeit während längerer Zeiträume zu kontrollieren, wobei allerdings zu beachten ist, daß in diese Werte auch etwaige geringe Änderungen des Abstandes von Scheibenmitte und Skalennullpunkt eingehen.

Die Wirkung des Apparats beruht darauf, daß die Drehung des Rädchens seinem in der Ordinatenrichtung gemessenen Abstand vom Scheibenzentrum einerseits, der Scheibendrehung andrerseits proportional sein soll. Dazu ist allein nötig, daß die Achse des Rädchens genau in die Ordinatenrichtung fällt, sodaß Verschiebungen des Wagens bei stillstehender Scheibe die Planimeterablesung nicht ändern. Die Erfüllung dieser Grundbedingung wurde durch zahlreiche Versuche geprüft, von denen einer, der relativ starke Veränderungen zeigte, hier angeführt werden möge. Der Führungswagen wurde vom linken Ende seiner Bahn zum rechten und wieder zurück geschoben, und es wurde nach Bewegungen von je rund 30 *mm* (also annähernd bei — 90, — 60 . . . 90, 60 . . . — 90) das Planimeter abgelesen. Die in Noniuseinheiten (ν) ausgedrückten Ablesungen waren

5789 87 87,5 89 88,5 88,5 88 88,5 88,5 88 87 86 87,5.

Der Versuch zeigt in Übereinstimmung mit anderen, daß keine merkliche systematische Änderung bei der Verschiebung eintritt, sondern daß nur geringe, unregelmäßige Schwankungen stattfinden. Von diesen letzteren ist zu erwarten, daß sie im Durchschnitt der Quadratwurzel aus der durchfahrenen Länge proportional sein werden. Ein Versuch, bei dem zahlreiche Strecken von 10, 50 und 150 *mm* Länge in beiden Richtungen durchfahren wurden, bestätigt diese Vermutung und beweist damit, daß kein bei kurzen und langen Strecken gleichmäßig wirkender Einfluß, wie man einen solchen etwa bei dem Übergang aus Ruhe in Bewegung befürchten könnte, stattfindet. Für die drei angegebenen Längen fand sich als mittlere Differenz der Ablesungen am Anfang und Ende der Strecke $\pm 0{,}45$; 0,87; 1,62 Noniuseinheiten, Zahlen, die sehr nahe durch $\pm 0{,}13^{\nu} \sqrt{n}$ mit n als der Streckenlänge in

Millimeter dargestellt werden. Dieser Ausdruck gibt in den drei Fällen ± 0,41; 0,91; 1,59. Da selbst bei stark gestörten Kurven der absolute Gesamtbetrag aller Verschiebungen innerhalb eines Stundenintervalls sehr selten über 100 bis 150 *mm* hinausgeht, so kann man die mittlere Unsicherheit der Planimeterdifferenz infolge der radialen Verschiebungen des Rädchens auf höchstens $\pm 1{,}5^v$ schätzen.

Noch geringer sind die bei gedrehter Scheibe und fester Stellung des Wagens auftretenden Fehler. Auch hier möge ein Beispiel genügen. Es wurden der Reihe nach sämtliche Teilstriche der Scheibe auf einen festen Indexstrich eingestellt. Die Differenzen der aufeinander folgenden Ablesungen waren

390,5 91 90,5 91 90 91,5 90 91 91 90,5 91 92 90 90 91
92,5 90,5 91 91,5 89,5 92 90 92,5 90 90,5
im Mittel: $390{,}8^v \pm 0{,}2^v$.

Die mittlere Abweichung der einzelnen Zahl vom Mittelwert ist nur ± 0,8. Darin steckt aber auch noch der etwaige Teilungsfehler und vor allem der Fehler der Einstellung der beiden Striche aufeinander. Nimmt man letzteren zu $^1/_{50}$ der Indexeinheit (Minute, linear 1,7 *mm*), d. h. zu $^1/_{750}$ des benutzten Intervalls an, so führt dies bereits annähernd zu dem gefundenen Fehlerbetrage. Daraus kann man bereits schließen, daß an diesem Betrage die Ungenauigkeit der Planimeterbewegung den geringsten Anteil hat, und daß daher auch für Stundenintervalle nicht viel mehr anzusetzen ist.

Beide Fehlerquellen zusammenfassend wird man daher den bei der Auswertung von Stundenabschnitten zu befürchtenden mittleren Fehler, soweit er auf das ungenaue Funktionieren der eigentlichen Planimetereinrichtung zurückzuführen ist, auf höchstens 2 Noniuseinheiten zu schätzen haben, was in der Ordinate ungefähr einem zehntel Millimeter entspricht. Daß diese Schätzung eher zu hoch als zu niedrig ist, ergibt sich daraus, daß der bei wiederholter Auswertung derselben Kurvenabschnitte gefundene mittlere Gesamtfehler des Resultats meistens noch dahinter zurückbleibt, obgleich darin noch der durch die ungenaue Führung des Zeigers längs der Kurve verursachte Fehler enthalten ist. Als Beleg für diese Angabe mögen einige Ergebnisse der Messung an der Potsdamer Kurve der Horizontalintensität vom 9. Juni 1905 dienen, die eine mittelstarke Störung darstellt. Die Stundenintervalle von 2 bis 6 Uhr nachmittags nach mittlerer Greenwicher Zeit, von denen die besonders stark gestörten 6-mal, die andern 4-mal durchgemessen wurden, lieferten die nachstehenden Differenzen

von 2^h bis 3^h:	352	350,5	350,5	350			i. M. 350,8 ± 0,4
„ 3 „ 4 :	296	295	295,5	294,5	294,5	294	294,9 ± 0,3
„ 4 „ 5 :	56	55,5	54,5	57,5	58	60	56,9 ± 0,8
„ 5 „ 6 :	248	248	249	249,5			248,1 ± 0,3.

Als mittlerer zu befürchtender Fehler des Einzelwertes ergibt sich hiernach $\pm 1{,}3^v$ im Durchschnitt der 4 Fälle. Von gleicher Größenordnung sind die in andern Fällen gefundenen Werte.

Ein durch ungenaue Stellung des Planimeterrädchens bewirkter systematischer Fehler würde sich natürlich in den Ergebnissen solcher wiederholten Messungen nicht verraten. Man wird deshalb gut tun, von Zeit zu Zeit zu prüfen, ob der Apparat noch davon frei ist. Wenn die Führung des Stabes *A* unsicher oder irgendwie geändert wird, so kann seine Richtung und damit die der Rädchenachse besonders dann ungenau werden, wenn sich der Wagen nahe dem an der Scheibe gelegenen Ende seiner Bahn befindet. Es ist dann der Abstand der beiden Führungsstellen des Stabes wesentlich kürzer als sein freies Ende, das den Planimeterrahmen

trägt, und dieses Ende könnte daher unter Umständen eine nicht unmerkliche seitliche Ablenkung erfahren. Wollte man dies ganz sicher ausschließen, so müßte A unter Aufhebung seiner starren Verbindung mit dem Wagen noch eine Führung jenseits der Scheibe erhalten. Es würde dies offenbar manche Unbequemlichkeiten mit sich bringen und ist glücklicherweise auch durchaus unnötig. Der hier besprochene systematische Fehler kann immer ohne Schwierigkeit auf einige Noninseinheiten für eine Verschiebung über den ganzen Scheibendurchmesser herabgedrückt werden. In das Resultat geht er aber überdies fast stets nur zu einem geringen Bruchteil dieses Betrages ein, da sein Einfluß der Differenz der beiden Grenzordinaten $(y_2 - y_1)$ des auszuwertenden Kurvenabschnitts proportional ist. Nur bei sehr stark gestörten Kurven, und wenn überdies zufälligerweise die Extreme gerade auf die Enden des Abschnitts fielen, würde eine etwas stärkere Ungenauigkeit der Achsenstellung auch das Resultat merklich beeinflussen.

Außer den im vorstehenden angegebenen Prüfungen wurden noch gelegentlich einige andere von mehr nebensächlicher Natur, die aber doch einen Beitrag zur Beurteilung der Zuverlässigkeit der Messungen liefern, vorgenommen. Es zeigte sich dabei u. a., daß innerhalb sehr weiter Grenzen die Schnelligkeit der Verschiebungen wie der Scheibendrehung, der Druck, mit dem die Rolle auf der Scheibe ruht und auch die Beschaffenheit, besonders die Glätte oder Rauhigkeit der Scheibenfläche, ohne merklichen Einfluß auf das Ergebnis ist. Keine Spur eines Unterschiedes zeigt sich bei Drehungen in der einen oder andern Richtung, ebensowenig läßt sich ein meßbarer toter Gang der Rolle und damit ein Zurückbleiben beim Wechsel der Bewegungsrichtung feststellen. Übrigens sind dies ja die bekannten Eigenschaften der Planimeterrolle, die sie zu einem so brauchbaren und wertvollen Konstruktionselement exakter Integrationsmechanismen machen.

Zur Bestimmung der Fundamentalkonstanten des Apparats wurden neben einigen flüchtigen Versuchen, deren Ergebnisse übrigens von dem wahrscheinlichsten Werte höchstens um ein Tausendstel seines Betrages abweichen, drei sorgfältige Messungen (am 8. 11. 04, 24. 11. 04 und 8. 6. 05) durchgeführt, die in guter Übereinstimmung

$K = 0{,}05950, \quad 0{,}05947, \quad 0{,}05948 \qquad \text{im Mittel: } K = 0{,}05948$

ergaben. Für $h = 60\,K$, die eigentliche Konstante, folgt hiernach 3,569 oder 3,570, wenn man den runden Wert 0,0595 für K annimmt. Mit Rücksicht auf die gewöhnliche Anwendungsweise des Apparats, bei der das zu Stundenintervallen gehörige K gebraucht wird, soll hier immer diese Größe, nicht h betrachtet werden.

Als Beispiel möge die dritte der drei Messungen ausführlich beschrieben werden. Auf einem auf den Zylinder aufgelegten Bogen wurden 6 annähernd gleich abständige Punkte längs einer der Skale parallelen Geraden bezeichnet. Der Bogen wurde mehrmals um geringe Beträge verschoben, und in jeder Lage wurde der Ort eines jeden Punktes an der Skale abgelesen. Nach Schätzung mit bloßem Auge ergab sich

in Lage 1:	— 93,2	— 56,9	— 19,9	16,0	52,05	87,15 *mm*	Durchschnitt: — 2,47
„ „ 2:	— 92,5	— 56,1	— 19,05	16,8	52,85	87,9	„ — 1,68
„ „ 3:	— 92,0	— 55,7	— 18,6	17,2	53,25	88,4	„ — 1,24
„ „ 4:	— 93,15	— 56,85	— 19,8	16,05	52,1	87,2	„ — 2,41
im Mittel	— 92,71	— 56,39	— 19,34	16,51	52,56	87,66	— 1,95

Durch Reduktion der Mittelwerte auf die bei der planimetrischen Messung benutzte erste Lage erhält man für diese die verbesserten Koordinaten s der 6 Punkte

s:	— 93,23	— 56,91	— 19,86	15,99	52,04	87,14 *mm*	Durchschnitt: — 2,47

die mit der unmittelbaren Messung innerhalb der Unsicherheit der Ablesung übereinstimmen.

Nun wurde der Fahrstift der Reihe nach auf die einzelnen Punkte eingestellt, und es wurde bei jeder Stellung die Scheibe durch fünf Stundenintervalle gedreht. Es genügt hier, den Mittelwert der so für jeden Punkt erhaltenen 5 Einzelwerte (der am besten ohne Rücksicht auf die Zwischenablesungen zu bilden ist) mitzuteilen, da die Abweichungen der Einzelwerte davon (l. M. $\pm 0{,}55^{v}$) durchaus den früheren Erfahrungen entsprachen. Die Mittelwerte waren

$$U:\ 1568{,}4 \quad 956{,}5 \quad 333{,}0 \quad -268{,}2 \quad -874{,}2 \quad -1464{,}6\ v$$

Die sechs hiermit gewonnenen zusammengehörigen Wertepaare s, U liefern nun die Konstanten der Formel $s = a - KU$. Die Rechnung ergibt

$$a = 0{,}02 \pm 0{,}04 \quad \text{und} \quad K = 0{,}05948 \pm 0{,}00003$$

mit den danach berechneten Werten von s

$$-93{,}27 \quad -56{,}88 \quad -19{,}79 \quad 16{,}97 \quad 52{,}02 \quad 87{,}13$$

und den Differenzen zwischen Beobachtung und Rechnung

$$0{,}04 \quad -0{,}03 \quad -0{,}07 \quad 0{,}02 \quad 0{,}02 \quad 0{,}01\ mm.$$

Unter Abrundung innerhalb der Grenzen des mittleren Fehlers ergibt sich mit einer dem Zweck des Apparats noch vollkommen entsprechenden Genauigkeit $a = 0$, $K = 0{,}0595$ oder rund $^1/_{17}$, sodaß eine Noniuseinheit gleichwertig mit $^1/_{17}$ *mm* Ordinatenlänge ist. (Nebenbei bemerkt ist auch der lineare Wert der Noniuseinheit in der Teilung des Rädchens fast genau ebenso groß, d. h. die zu messende Größe ist derjenigen, durch die sie gemessen wird, gerade gleich, sodaß keine unökonomische Vergrößerung benutzt wird.)

Als Reduktionsformel für alle Messungen mit Stundenintervallen gilt sonach

$$y_m = s_0 + 0{,}0595\ U = 0{,}0595\,(U - U_0).$$

Praktisch wichtig kann der Fall sein, daß das Intervall angenähert 60 beträgt. Dies tritt ein, wenn das Papier beim Entwickeln und Trocknen eine vom Durchschnitt abweichende Größenänderung erfahren hat, sodaß ein Stundenintervall nicht genau 60 Indexteilen entspricht. Man hat dann statt 0,0595 einen etwas andern Wert, nämlich $(60 \cdot 0{,}0595 : T)$ zu setzen. Mit Rücksicht darauf, daß K sehr nahe an 0,060 liegt, läßt sich hierfür eine sehr einfache Näherungsformel aufstellen. Ist $T = 60 + 0{,}1\,a$, so wird offenbar das zugehörige $K = 0{,}0595 - 0{,}0001\,a$.

Zur schnellen und bequemen Kontrolle der Unveränderlichkeit von K kann man sich der durch Anschläge begrenzten Endstellungen des Wagens bedienen, indem man in jeder dieser Stellungen U aus einem oder zur Verhütung von Ablesefehlern besser aus zwei Stundenintervallen bestimmt. Findet man links U_1 und rechts U_2, so ist offenbar $K(U_1 - U_2)$ gleich der Verschiebung des Wagens. Es muß also, solange die Distanz der beiden Endflächen des Wagens und diejenige der beiden Anschläge ungeändert bleiben, bei konstantem K auch $(U_1 - U_2)$ stets denselben Wert geben. In wie weit gehendem Maße dies der Fall ist, zeigen die Ergebnisse der drei Messungen, die seit der endgültigen Festlegung der Anschläge ausgeführt worden sind

	U_1	U_2	$U_1 - U_2$
am 9. 2. 05:	$U_1 = 1692$	$U_2 = -1567{,}5$	$U_1 - U_2 = 3259{,}5$
„ 14. 3. „ :	1693	$-1566{,}5$	3259,5
„ 18. 6. „ :	1696,0	$-1562{,}9$	3258,9

Alle diese Bestimmungen, bei deren dritter die Werte U_1 und U_2 aus je 15 Stundenintervallen abgeleitet wurden, liefern übrigens zugleich einen Beweis

dafür, daß das Intervall ($T = 60$), wenn seine Enden durch Einstellung von Strich auf Strich definiert werden, sehr genau erhalten wird, mindestens auf $^1/_{3000}$ seines Betrags. Dies stimmt mit dem früher für das Intervall ($T = 15$) gewonnenen Ergebnis, daß es mit einem Fehler von höchstens $^1/_{750}$ seiner Größe festzuhalten sei, überein.

Es bleibt noch übrig, die Genauigkeit der im praktischen Gebranch zu erwartenden Ergebnisse zn schätzen. Nach den früheren Angaben ist die mittlere Unsicherheit eines Stundenwertes von U infolge der Ungenauigkeit der Planimeterwirkung sowie infolge der nngenauen Führung des Stiftes längs der Kurve auf weniger als $\pm 2^{v}$ anzunehmen; derjenige von U_0 ist ebensogroß, also der aus beiden entspringende von y_m zu $\pm 2{,}8\ \nu$, d. i. $\pm 0{,}17$ oder rund $\pm 0{,}2$ *mm* anzusetzen. Bei sehr großen Ordinaten kommt hierzu noch der Einfluß eines etwaigen Fehlers in T. Nimmt man diesen, gleichfalls übertreibend, zu $^1/_{1000}$ des Gesamtwertes von T an, so folgt daraus erst bei der größten Ordinate von 200 *mm* nochmals $\pm 0{,}2$ *mm* und damit ein mittlerer Gesamtfehler von $\pm 0{,}3$ *mm*. Durch mehrmalige Durchfahrung der Kurve könnte natürlich noch eine Herabsetzung erreicht werden, wenn es nötig wäre. Noch zweckmäßiger würde es sein, wenn es sich nicht nur um vereinzelte Anwendungen handelte, diesen Erfolg durch eine stärkere Übersetzung zwischen Zylinder und Scheibe zu erreichen.

Für den Zweck der Auswertung magnetischer Störungskurven ist indessen jene Genauigkeit, die das Tagesmittel, wie man sieht, bereits auf $\pm 0{,}05$ *mm* scharf ergibt, vollkommen ausreichend. Wäre sie es übrigens nicht, so würde auch eine Steigerung der Messungsschärfe nur formale Bedeutung haben und daher wertlos sein. Es würde nämlich dann die Registrierung nicht mehr eine genügend scharfe Darstellung des Verlaufs der Erscheinung geben, weil bei einer Stundenintervall-Länge von nur 20 *mm* die auf 0,1 *mm* Abszissenlänge entfallende Änderung des Elements und damit die Unsicherheit der Ablesung für bestimmte Momente schon einen merklichen Betrag erreichen kann. Eine wirkliche Steigerung der Genauigkeit würde also erfordern, daß man bereits die Registrierung dementsprechend einrichtet, indem man dem das Papier tragenden Zylinder eine größere Umfangsgeschwindigkeit gibt. Tut man dies aber, gibt man also dem Stundenintervall eine größere Länge, so wird damit ohne weiteres K kleiner und die formelle Schärfe der mit dem Apparat bestimmten Mittelordinaten steigt daher ohne jede besondere Vorkehrung von selbst in dem Maße, in dem auch der sachliche Wert der durch die Registrierung gebotenen Darstellung wächst.

Über das Registriergalvanometer von Siemens & Halske und eine damit gefundene Anomalie im flüssigen Schwefel.

Von
F. Hoffmann und **R. Rothe** in Charlottenburg.
(Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.)

In *dieser Zeitschr.* ***24.*** *S. 350. 1904* hat die Firma Siemens & Halske A.-G. unter der Bezeichnung „registrierendes Pyrometer" einen Apparat beschrieben, der aus einem empfindlichen Drehspulengalvanometer mit Registriervorrichtung in Verbindung mit einem Le Chatelierschen Thermoelement besteht. Obgleich ursprünglich für die technische Messung hoher Temperaturen bestimmt, gestattet das Registriergalvanometer infolge seiner zweckmäßigen Konstruktion und seiner Ausführung als Präzisions-

instrument eine sehr weitgehende Verwendung für mancherlei wissenschaftliche Arbeiten, in erster Linie natürlich für die Untersuchung von Temperaturkurven.

Die Reichsanstalt besitzt seit etwa zwei Jahren ein von der obengenannten Firma verfertigtes, besonders empfindliches Registriergalvanometer. Mit diesem Instrument sind eine Anzahl Temperaturkurven, unter anderen die des festen und geschmolzenen Schwefels, aufgenommen worden, deren Mitteilung von allgemeinerem Interesse sein dürfte. Denn einmal geben sie den Beweis für die vielseitige Anwendbarkeit des Registriergalvanometers von Siemens & Halske für physikalisch-chemische Messungen, und zweitens haben sie zur Auffindung einer bemerkenswerten Anomalie im flüssigen Schwefel geführt, die in dieser Schärfe noch nicht beobachtet war und deshalb eine eingehendere Untersuchung erforderte[1]).

Im folgenden werden erst die angewandten Apparate und Meßmethoden, sodann die aufgenommenen Kurven und einige Versuche, die zur Deutung der Erscheinungen beitragen sollen, besprochen.

Das benutzte Registriergalvanometer mit elektrischem Antrieb des Fallbügels[2]) besitzt eine Registrierperiode von 12 Sekunden (zeitlicher Abstand zweier aufeinander folgender Punkte der aufgezeichneten Kurve), einen Papiervorschub von 8 *cm* in der Stunde (Abszisse der registrierten Kurven) und einen Meßbereich von 3 Millivolt; einem Millimeter Ausschlag, gemessen an den Ordinaten der registrierten Kurven, entspricht im Mittel etwa 25 Mikrovolt. In Verbindung mit einem Thermoelement aus Kupfer-Konstantan, welches bei den folgenden Messungen gewöhnlich verwandt wurde, ergibt sich daher für Temperaturen um 150° eine Empfindlichkeit von etwa 0,5° C. für 1 *mm* Ausschlag.

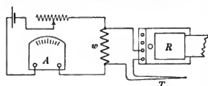


Fig. 1.

Um diese hohe Empfindlichkeit für alle Temperaturen auszunutzen, wurde das Instrument in Verbindung mit einer Kompensationsschaltung nach Lindeck[3]) benutzt (vgl. die Schaltskizze Fig. 1). Der mit einem Präzisions-Milliamperemeter A gemessene Strom erzeugt an den Enden eines Normalwiderstandes w (0,1 Ohm) einen Spannungsabfall, der der elektromotorischen Kraft des Thermoelements T entgegengeschaltet wird. Auf diese Weise kann man stets bewirken, daß beliebige Teile einer Temperaturkurve von dem Instrument R registriert werden[4]).

---

[1]) Als die im nachstehenden beschriebenen Versuche fast beendet waren, erschien in den *Proc. Roy. Soc. Edinburgh, Sess. 1904/05.* **25.** *Heft VII. S. 588—589* eine Arbeit von Hrn. Alexander Smith, der am Schwefel ähnliche Beobachtungen wie die hier mitgeteilten angestellt hat. Soweit aus der kurzen Notiz zu entnehmen ist, sind jedoch seine Methoden gänzlich und seine Ergebnisse in einigen wesentlichen Punkten von den eben beschriebenen verschieden.

[2]) In bezug auf die Einzelheiten der Konstruktion sei auf die angegebene Veröffentlichung von Siemens & Halske hingewiesen.

[3]) Lindeck und Rothe, *diese Zeitschr.* **20.** *S. 293. 1900.*

[4]) Die vom Instrument aufgezeichneten Kurven geben übrigens nicht direkt den Verlauf der elektromotorischen Kraft des Thermoelements, sondern der Klemmenspannung ε an, welche mit dem Widerstand des Thermoelements und der Zuleitungen veränderlich ist; man kann aber nötigenfalls diesen Einfluß des Widerstandes dadurch feststellen, daß man die Stromstärke i (am Milliamperemeter A abzulesen) um Δi ändert, wodurch die registrierte Spannung um $\Delta \varepsilon$ verschoben werde. Die elektromotorische Kraft e des Thermoelements und damit die Temperatur der Lötstelle ist dann aus den Ablesungen nach der Formel

$$e = w\left(i - \varepsilon \frac{\Delta i}{\Delta \varepsilon}\right)$$

Die nachstehenden Abbildungen (Fig. 2a u. b), welche die registrierten Kurven in $^2/_3$ nat. Größe wiedergeben, zeigen die Erstarrungs- und die Schmelzkurven des Antimons, die erstere mit der fast stets eintretenden starken Unterkühlung dieses Metalls. Die Kurven sind aufgenommen unter Benutzung eines Le Chatelierschen Thermoelements; im Original entspricht 1 mm der Ordinate etwa 2,5° C.

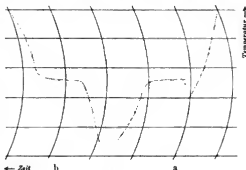


Fig. 2.

Besonders merkwürdig sind die Temperaturkurven des Schwefels; denn bei diesem Stoff ist eine Temperaturkonstanz außer beim Schmelzpunkt noch bei dem im festen Schwefel vorhandenen Umwandlungspunkte aus dem rhombischen in den monoklinen Zustand (etwa 96°)[1] zu beobachten. Die registrierten Kurven wiesen aber außerdem noch einen Haltepunkt im flüssigen Schwefel auf[2]). Zur näheren Untersuchung der dort auftretenden Erscheinungen wurde eine empfindlichere Methode, derartige Unregelmäßigkeiten der Temperaturkurven zu erkennen, ausgearbeitet, wie sie ähnlich bereits zu metallographischen Zwecken verwandt ist.

In einem elektrisch geheizten Thermostaten wurden zwei, gegen zu schnelle Wärmeabgabe geschützte Rohre gleichmäßig erwärmt, von denen das eine den zu untersuchenden Schwefel, das andere eine von plötzlichen Zustandsänderungen freie Substanz (meist Asbestwolle und Luft) enthielt. Solange nicht in einem der Rohre eine plötzliche Zustandsänderung eintritt, herrscht nach Eintreten des stationären Zustandes zwischen ihnen eine kleine, fast konstante Temperaturdifferenz, welche durch die Verschiedenheit der thermischen Trägheit, der Kapazität u. s. w. der beiden Rohre bedingt ist. Wird daher ein Thermoelement in den Rohren so angebracht, daß die Temperaturdifferenz beider Rohre damit gemessen werden kann, so zeichnet das mit ihm verbundene Registriergalvanometer eine gerade Linie, die von den Linien konstanter Spannung nur wenig abweicht. Jede plötzliche Änderung des Temperaturganges im Schwefel muß sich jedoch durch einen Ausschlag des Galvanometers bemerkbar machen, der, je nachdem die Temperaturdifferenz größer oder kleiner wird, nach der einen oder anderen Seite der geraden Linie erfolgt. Nach dem Aufhören einer solchen thermischen Unstetigkeit nähert sich dann der Ausschlag des Galvanometers asymptotisch wieder einer geraden Linie, deren Lage von der früheren verschieden sein kann, weil eine Änderung der thermischen Eigenschaften nicht ausgeschlossen ist.

Von den auf diese Weise beim Schwefel beobachteten Kurven sind eine (Fig. 3) bei steigender Temperatur, zwei (Fig. 4 u. 5) bei sinkender Temperatur aufgenommene

zu berechnen; die Werte von ε und $\Delta\varepsilon$ sind mittels einer in 0,02 Millivolt geteilten, zum Instrument mitgelieferten Papierskale an den registrierten Kurven direkt abzumessen.

[1]) Van 't Hoff, Vorles. üb. theoret. Chemie. Bd. I. *S. 16.*

[2]) Andeutungen von Unregelmäßigkeiten im Temperaturverlaufe des Schwefels finden sich in der Literatur mannigfach, doch widersprechen sich die Angaben zum Teil; am nächsten kommt vielleicht die von Hrn. Schaum, *Liebigs Ann. d. Chem.* ***308***, *S. 18. 1899.*

wiedergegeben. Ein Intervall der Abszissenachse (Zeit) entspricht 15 Minuten, ein Intervall der Ordinatenachse etwa 10° C. der Temperaturdifferenz $t_L - t_S$, wo t_L die Temperatur der mit Luft gefüllten Röhre, t_S die des Schwefels bedeutet. In der ersten Kurve gehört der Ausschlag bei *A* zu dem Umwandlungspunkt im festen Schwefel, bei *B*

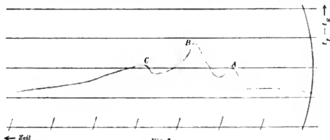


Fig. 3.

zum Schmelzpunkt; bei *C* beobachtet man ebenfalls einen Ausschlag, und zwar ist man wegen der Schärfe dieses Punktes, die der der beiden anderen nicht nachsteht, berechtigt, auf eine plötzliche Zustandsänderung zu schließen. Zu demselben Schlusse führen auch die bei fallender Temperatur des Thermostaten aufgenommenen Kurven, bei denen der Punkt *C* ebenso scharf einsetzt wie der Erstarrungspunkt *B*. Der

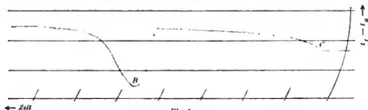


Fig. 4.

Umwandlungspunkt *A* fällt, anderen Beobachtungen entsprechend, bei sinkender Temperatur fort, da die Rückverwandlung des monoklinen in den rhombischen Schwefel nur langsam erfolgt.

Während nun aber bei steigender Temperatur bei allen drei Punkten *A*, *B*, *C* eine Abweichung im gleichen Sinne eintritt, ist dies beim Abkühlen des geschmolzenen Schwefels am Punkte *C* nicht mehr der Fall. Denn die Temperaturdifferenz $t_L - t_S$ *steigt* daselbst, entgegengesetzt dem Verhalten beim Erstarrungspunkte, wo $t_L - t_S$ kleiner wird. Auf die Versuche zur Erklärung dieser auffälligen Erscheinung werden wir an anderer Stelle eingehen; für das folgende genügt es zunächst, daß an einem scharf zu bestimmenden Punkte eine Unstetigkeit im Temperaturgange besteht, woraus auf eine plötzliche Zustandsänderung geschlossen werden kann.

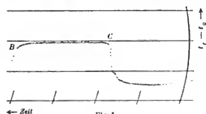


Fig. 5.

Um sich Klarheit über die an dieser Stelle im Schwefel stattfindenden Veränderungen zu verschaffen, wurden nun zunächst folgende orientierende Vorversuche angestellt: man erhitzte in einem mit Glasrührer versehenen kleinen Schwefelsäure-

bade ein Reagenzgias mit Schwefel bis über die Temperatur, bei der jene plötzliche Änderung einzntreten pflegte. Ließ man das Ganze unter stetem Rühren der Schwefelsäure sich abkühlen, so erschien im unteren Teile des Reagenzrohres ein nach oben gewölbter feiner Meniskns, der das Rohr in der Richtung von unten nach oben durchwanderte und dabei stets an Krümmung zunahm. Man kann einen sehr scharf ansgeprägten Meniskns auch in einem an freier Lnft sich abkühlenden Reagenzglase hervorrufen, das mit erhitztem Schwefel gefüllt ist; nur ist, wohl infolge der beschleunigten Abkühlnng, der Meniskus nach nnten gekrümmt. Endlich gelang es noch auf folgende Weise, den Meniskus sichtbar zn machen: in einem dickwandigen Glasrohre von nur etwa 2 *mm* lichter Weite wird geschmolzener Schwefel im oberen Teile beträchtlich höher erhitzt. Nach kurzer Zeit bildet sich in der Mitte ein scharfer Meniskus ans, der seine konkave Seite der unteren, auf tieferer Temperatnr befindlichen Schicht znkehrt. Läßt man dnrch schnelles Abkühlen den nnteren Teil erstarren, so schreitet die Kristallisation nur bis znr Grenze der beiden Schichten vor.

Über die bei dieser Trennung in zwei Schichten auftretenden Begleiterscheinnngen ist noch folgendes zu bemerken: die anf höherer Temperatur befindliche Schicht liegt stets oberhalb der anf niederer Temperatur befindlichen. Versnche, dnrch Erwärmen des unteren Teiles die Lage umzukehren, führten nur zn Strömungen und Schlieren. An dem Grenzmeniskns haben beide Schichten kaum einen merklichen Unterschied der Farbe; erst in höheren Temperatnren tritt die bekannte tiefbraune Färbung ein. Dagegen ist die Zähigkeit in der Nähe des Pnnktes *C* einer starken Änderung in der Weise unterworfen, daß in der anf höherer Temperatur befindlichen Schicht die größere Zähigkeit herrscht. Hineingeworfene Stückchen Platindraht sinken nämlich von dem Meniskns an erheblich schneller als zuvor, nnd aufsteigende Lnftblasen werden oberhalb des Meniskns in ihrem Gange stark gehemmt.

Znr genaueren Untersnchung der Trennnng in zwei Schichten bei sinkender Temperatur wurde gleichzeitig das Vorrücken des Meniskus im Schmelzrohre nnd der Temperaturgang mit Hülfe eines Thermoelementes und eines empfindlichen Spiegelgalvanometers beobachtet. Dann konnte in Übereinstimmung mit dem Ergebnis der registrierten Kurven festgestellt werden, daß in dem Angenblicke, wo der Meniskns bis in die Höhe der Lötstelle des Thermoelementes gestiegen war, ein beträchtlich *schnelleres Sinken* der Temperatnr eintrat, ohne daß zuvor eine wesentliche Verzögerung bemerkbar war. Eine bei Benutznng eines dünnen, gläsernen Schntzrohres des Thermoelementes auftretende Verzerrung des Meniskus (s. Fig. 6) wurde dnrch Einführung eines nackten Elementes ans 0,1 *mm* dicken Platin- nnd Platinrhodinmdrähten vermieden. Bei steigender Temperatur konnte eine scharfe Trennnng der Schichten nicht beobachtet werden, dagegen entsprach der Temperaturverlanf vollständig dem bei einem Schmelz- oder Umwandiungspnnkte: während die Temperatur vor- und hinterher sehr regelmäßig stieg, blieb sie an dieser Stelle mehrere Minuten lang auf Bruchteile eines Grades konstant. So konnte sie sehr genau ermittelt werden. Die dafür gefundenen Werte, bei steigender Temperatur während der Konstanz, bei sinkender im Augenblicke, wo der Meniskus die Lötstelle des Thermoelementes berührte, liegen zwischen 159,5° und 161°.


Fig. 6.

Bei diesen Beobachtnngen befand sich das Rohr, das den flüssigen Schwefel enthielt, in einem elektrisch heizbaren Flüssigkeitsthermostaten, der eine überaus empfindliche Temperatnrregulierung gestattete. Es wurde nun bemerkt, daß der

Meniskus um so schwerer zu sehen war, je langsamer die Temperatur des Thermostaten fiel. Als aber der Temperaturgang bis auf 0,1° in der Minute verlangsamt wurde, ergab sich das überraschende Resultat, daß *weder ein Meniskus noch auch eine Unregelmäßigkeit im Gange des Galvanometerausschlages* beobachtet werden konnte.

Wir haben es für nützlich gehalten, einige der Versuche über die Zustandsänderung im flüssigen Schwefel schon hier zu beschreiben, wollen aber auf die Einzelheiten und besonders auch die daraus zu ziehenden Schlüsse physikalisch-chemischer Natur an einer anderen Stelle eingehen. Hier kam es in erster Linie darauf an, die Brauchbarkeit des Registriergalvanometers für thermochemische Zwecke an einem besonders auffälligen Beispiele zu zeigen.

Glimmlicht-Oszillograph (zweite Mitteilung).

Von
E. Gehrcke in Charlottenburg.
(Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.)

In einer früheren Mitteilung[1]) habe ich verschiedene Experimente an Hand einer von mir angegebenen[2]) Methode beschrieben, den Stromverlauf von Wechselströmen mittels des negativen Glimmlichts zu bestimmen. Seither habe ich einige weitere Fortschritte mit einer neuen Form des „Glimmlicht-Oszillographen" erzielt, worüber im folgenden berichtet wird.

1. Die Elektroden A und B (vgl. Fig. 1, perspektivische Ansicht) sind zwei rechteckige, hochpolierte Nickelbleche von $10 \times 1,3 \times 0,1$ *cm*, welche bis auf einen kleinen Zwischenraum von 1 *mm* mit ihren schmalen Seiten aneinander stoßen; sie liegen in derselben Ebene und werden durch seitliche Glimmerscheiben gehalten, welche auf ein rechteckiges Glimmerblatt als Grundplatte mit Kupfernieten *1, 2, 3 . . . 8* aufgenietet sind. Je zwei fernere Nieten an den Enden der Elektroden selbst (bei α und β) verhüten, daß diese sich seitlich verschieben können. Im Zwischenraum zwischen den Elektroden A und B befindet sich, senkrecht zu ihrer Ebene, eine doppelte Glimmerscheibe a, die in der aus Fig. 2 ersichtlichen Weise an den Rändern umgeknickt ist und dadurch an der Grundplatte festgehalten wird[3]); sie besitzt eine halbkreisförmige Gestalt und reicht bis an die innere Glaswand des Rohres, in welches das Ganze eingeschmolzen ist; in der Mitte ihres Randes ist die Scheibe a mit einem rundlichen Ausschnitt versehen, um hier den Strom hindurchgehen zu lassen. Der Durchmesser des Glasrohres, in welchem sich die Anordnung befindet, beträgt 4,5 *cm*; die Zuführungen zu den Elektroden werden durch eingeschmolzene Platindrähte gebildet. Als Gasfüllung dient trockener Stickstoff von 8 bis 9 *mm* Quecksilberdruck.

Wie bei der alten Röhre ist auch hier besonderer Wert auf die Reinheit der Elektrodenoberflächen zu legen. Als Kriterium für genügende Reinheit kann gelten, daß die fertig montierten Elektroden vor dem Einschmelzen in das Glasrohr voll-

---

[1]) E. Gehrcke, *diese Zeitschr.* **25.** *S. 33. 1905.*

[2]) E. Gehrcke, *Verhandl. d. Deutsch. physikal. Gesellsch.* **6.** *S. 176. 1904.*

[3]) Einen Glimmlicht-Oszillographen mit achsialen, durch eine Glimmerscheibe voneinander getrennten Drahtelektroden hat vordem schon Hr. E. Ruhmer nach meinen Angaben hergestellt. Ich nehme an, daß Hr. Ruhmer in der Beschreibung desselben (z. B. *Elektrotechn. Zeitschr.* **26.** *S. 143. 1905*) vergessen hat, mich als Urheber *auch dieser Konstruktion* namhaft zu machen.

kommen gleichmäßig anlaufen müssen, wenn man sie behaucht; andernfalls erhält man nachher ein deformiertes Glimmlicht, das nicht zu brauchen ist.

Beim Durchgang des Stromes durch das in Fig. 1 dargestellte Rohr entsteht auf der Kathode eine nahezu rechteckige blaue Lichtfläche. Diese ist, wenn z. B. das obere Blech *A* Kathode ist, an der Unterkante und den zwei Seitenkanten scharf begrenzt, während die vierte obere Kante eine nach oben konkave Krümmung besitzt. Letztere ist bei geringeren Gasdichten weniger stark und erweckt den Eindruck, als ob das Glimmlicht eine materielle Haut wäre, die durch Kräfte (analog der Oberflächenspannung bei Flüssigkeiten) kontrahiert würde und der Gestalt einer Minimalfläche zustrebt. Möglicherweise ist dieses Verhalten eine Folge der Druckunterschiede, die wegen des Temperaturgefälles an der Grenze des Glimmlichts auftreten müssen[1]). Ferner ist hervorzuheben, daß die Ausbauchung der Glimmlichtgrenze besonders bei kleiner Glimmlichtfläche (entsprechend geringer Stromstärke) merklich ist.



Fig. 1.

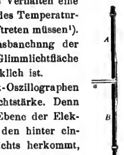


Fig. 2.

Die neue Konstruktion des Glimmlicht-Oszillographen hat vor der alten den Vorteil größerer Lichtstärke. Denn man benutzt passend das parallel zur Ebene der Elektroden ausgesandte Licht, welches von den hinter einander liegenden Elementen des Glimmlichts herkommt, d. h. man beobachtet — in einer aus der Praxis der Spektralröhren entlehnten Ausdrucksweise — „*end on*“. Wegen der größeren Helligkeit des Glimmlichts kann man aber jetzt schnellere Wechselströme untersuchen, die eine größere Geschwindigkeit des rotierenden Spiegels bezw. der bewegten photographischen Platte erfordern.

2. Die mit der neuen, oben beschriebenen Form des Glimmlicht-Oszillographen erhaltenen Stromkurven unterscheiden sich von den in der früheren Mitteilung abgebildeten außer durch ihre größere Helligkeit noch dadurch, daß die Nullstellen des Stromes ein wenig undeutlicher sind. Dies rührt von der obengenannten Ausbauchung des Glimmlichts her, welche bei kleinen Stromstärken besonders hervortritt.

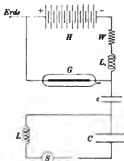


Fig. 3.

Im folgenden mögen nur einige Strombilder wiedergegeben werden, die mit *niedrig* gespanntem Wechselstrom erhalten wurden. Wie von Hrn. Orlich früher bereits ausgesprochen wurde[2]), kann man auch niedrig gespannten Wechselstrom mit dem Glimmlicht-Oszillographen analysieren, wenn man nämlich eine konstante Gleichspannung aus einer Hochspannungsbatterie hinzuschaltet. Hiervon ausgehend, habe ich folgende Anordnung benutzt (Fig. 3).

[1]) Vgl. hiermit auch meine Beobachtungen am anodischen Glimmlicht, *Verhandl. d. Deutsch. physikal. Gesellsch.* **7.** *S. 63. 1905.*

[2]) Vgl. *Verhandl. d. Deutsch. physikal. Gesellsch.* **6.** *S. 178. 1904.*

Der Wechselstrom einer Dolezalekschen Sirene[1]) S wurde durch eine Selbstinduktion L in die Kapazität C gesandt; diese war ein Glimmerkondensator mit Stöpseln (1 Mikrofarad). Der Schwingungskreis SLC war in Resonanz gebracht mit dem von der Sirene gelieferten Wechselstrom. Ferner lag an der Kapazität C noch die kleine Kapazität c, gebildet aus 4 großen Leidener Flaschen; mit der zweiten Belegung von c war die Kathode des Glimmlichtrohres G und der negative Pol der Hochspannungsbatterie H (1000 Volt) verbunden; vor letzteren war noch die Drosselspule L_1 und der Flüssigkeitswiderstand W vorgelegt. Der positive Pol der Batterie wie auch die Anode des Glimmlichtrohres war mit der Erde verbunden.



Fig. 4. 1880 ∼ pro Sek.

Betrachtet man das negative Glimmlicht bei dieser Schaltung im rotierenden Spiegel, so erscheint es zu einem blauen, gerippten[2]) Bande ausgezogen, dessen Begrenzungskurve von kleinen Wellen gebildet wird; diese Wellen repräsentieren die Stromkurve des (sinusartigen) Wechselstromes. Ferner sieht man ein rötliches, positives Lichtband. In Fig. 4 u. 5 ist die Erscheinung (für zwei verschiedene Periodenzahlen) mit fallender photographischer Platte photographiert, wobei wieder die früher (*diese Zeitschr.* **25.** *S. 34. 1905*) benutzte Anordnung gebraucht wurde. Die Fallhöhe der Platte betrug 113 *cm*, der übergelagerte Gleichstrom 0,06 Amp., die Amplituden des Wechselstromes ± 0,009 Amp. Die oben erwähnte Krümmung der Begrenzungs-



Fig. 5. 4660 ∼ pro Sek.

linie des Glimmlichts war bei diesem verhältnismäßig starken Strom so gering, daß sie, wie auch aus den Photographien hervorgeht, nicht stört. Die Periodenzahl des Wechselstroms in Fig. 4 betrug 1880, diejenige in Fig. 5 4660 pro Sekunde.

Derartige, mit übergelagertem Gleichstrom kombinierte Wechselstromaufnahmen kann man natürlich schon mit einem einfacheren Glimmlichtrohr als dem in Fig. 1 abgebildeten ausführen, denn man benutzt hier nur *eine* blank polierte Nickelelektrode als Kathode.

Mir scheint, daß gerade im Gebiet der schnellen Schwingungen der Glimmlicht-Oszillograph noch berufen ist, etwas zu leisten, insbesondere auch in der Akustik, sofern es sich um eine getreue Wiedergabe des Ablaufs von Schwingungsvorgängen handelt, welche durch irgendwelche Trägheit materieller Systeme nicht getrübt ist.

[1]) F. Dolezalek, *diese Zeitschr.* **23.** *S. 240. 1903.*

[2]) Die Streifungen hängen mit dem Potentialverlauf des Wechselstromes zusammen; vgl. *diese Zeitschr.* **25.** *S. 36. 1905.*

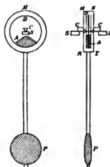
Referate.

Dämpfung von vertikal und horizontal schwingenden Pendeln.

Von V. Crémieu. *Compt. rend.* **140.** *S. 1029. 1905; Journ. de phys.* **4.** *S. 624. 1905.*

Während bei den meisten Dämpfungen, mögen sie auf dem Widerstand der Luft oder einer Flüssigkeit beruhen, die Schwierigkeit der Einstellung, das Auftreten von Kapillarwirkungen und die Empfindlichkeit beim Transport viel Mühe verursachen, so ist die vom Verf. angegebene Dämpfungsvorrichtung von diesen Übelständen ziemlich frei.

Das Pendel *P* (s. die Figur), dessen Schwingungen gedämpft werden sollen, trägt am oberen Ende seiner Stange einen zylindrischen Kasten *MNTR*, dessen Achse mit der Schwingungsachse des Pendels, d. h. mit der Linie, in welcher die auf den Flächen *SS* stehenden Schneiden *CC* liegen, zusammenfällt.



In dem Zylinder *MNTR* hängt, sodaß die Achsen wieder genau zusammenfallen, eine Scheibe *D*, welche bei *A* mit einem Gewicht beschwert ist und daher ein Pendel im Pendel darstellt.

Wird nun der Zylinder mit einer Flüssigkeit gefüllt und sodann geschlossen, so wird durch einen Antrieb des Pendels *P* auch die Scheibe *D* in Bewegung gesetzt und, weil diese eine viel kürzere Schwingungsperiode hat, eine Dämpfung der Schwingungen des Pendels *P* bewirkt. Die Stärke der Dämpfung ist von der Zähigkeit der Flüssigkeit abhängig, man kann die Dämpfung jedoch auch dadurch vergrößern, daß man statt der einen Scheibe deren mehrere nimmt, die im Abstand von wenigen Millimeter neben einander auf der Achse sitzen.

Verf. erwähnt, daß er zur Dämpfung eines 230 *g* wiegenden Pendels, welches eine Schwingungsperiode von 6 Sekunden und eine Länge von 35 *cm* hatte, drei Glimmerscheiben von je 2 *mm* Abstand und von 35 *mm* Radius benutzte. Der zylindrische Raum, in welchem die drei Scheiben sich befanden, war 6 *mm* hoch und enthielt eine Mischung von Rüböl, Vaselin und Petroleum im Gewicht von 20 *g*. Die Scheiben hatten eine Schwingungsperiode von 0,2 Sekunden.

Nimmt man mehrere Scheiben und macht die Abstände nur etwa $^1/_2$ *mm* groß, so genügt oft schon der Luftwiderstand zur Dämpfung. Der erwähnte Versuch wurde z. B. dahin abgeändert, daß die Flüssigkeit entfernt und die Zahl der Glimmerscheiben auf neun erhöht wurde, welch letztere zusammen nebst dem Gewicht 6,5 *g* wogen und eine Schwingungsperiode von 0,4 Sekunden hatten. Die Konstruktion des Apparates ist in diesem Falle natürlich schwieriger.

Sollen horizontale Schwingungen gedämpft werden, so wird die Achse des Zylinders *MNTR* mit der Achse des Apparates zum Zusammenfallen gebracht, die Scheiben tragen aber an Stelle der Gewichte *A* Magnete von geeigneter Stärke, deren Schwingungen entweder durch den Erdmagnetismus oder durch Stäbe weichen Eisens gedämpft werden. *Kn.*

Über eine Anwendung der Irisblende in der Astronomie.

Von Saiet. *Compt. rend.* **140.** *S. 561. 1905.*

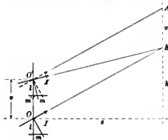
Um bei der Beobachtung schwacher Objekte nicht durch die Helligkeit des umgebenden Gesichtsfeldes oder durch die leuchtenden Fäden gestört zu werden, hat Verf. nahe dem Fadenkreuz eine Irisblende angebracht, deren Öffnung er, nachdem das Objekt eingestellt ist, möglichst verengt. Außerdem mache die [illegible]de auch den Astigmatismus des Auges bei der Beobachtung von Doppelsternen unschä[illegible]; denn wenn man die Irisblende bis fast auf die Distanz der beiden Komponenten schließe, so würden zwei parallele Linien bei dieser geringen Ausdehnung auch auf der Retina sich parallel abbilden. Ein trotzdem etwa verbleibender systematischer Fehler sei dann als Schätzungsfehler zu deuten, sei also psychologischer und nicht physiologischer Natur. *Kn.*

Hornsteins Tachymeter.

Nach Engineering 79. S. 179. 1905.

Die Mitteilung enthält die Abbildung und eine kurze Beschreibung des von M. Hornstein entworfenen, von Dennert & Pape in Altona gebauten Instruments zur Entfernungsmessung und Höhenunterschiedsbestimmung *ohne Latte*.

Das Prinzip ist folgendes. An dem Instrument befindet sich im Abstand l (s. die Figur) unter der Kippachse des Fernrohrs irgend eine horizontale Skale, z. B. eine horizontale Mikrometerschraube, die gegen einen mit dem Fernrohr fest verbundenen Hebel anliegt. Die Ablesung an der Trommel dieser Schraube sei m, während das Fernrohr vom Punkt O des Instruments aus nach dem Punkt K zielt, dessen Horizontaldistanz e von O und dessen Höhe h über O ermittelt werden sollen. Am Instrument ist ferner eine Vorrichtung angebracht, die das Fernrohr nach der 1. Zielung um eine Strecke v, in den Punkt O', zu heben gestattet, und diese Hebung v kann scharf abgelesen werden an einer vertikalen Skale. Denkt man sich das Fernrohr parallel zur Lage I verschoben, so schneidet seine vom Punkt O' ausgehende Ziellinie die Vertikale des Punkts K in einem Punkt A, der um v über K liegt. Neigt man mit Hülfe der Mikrometerschraube die Fernrohrziellinie im Punkt O' so, daß sie wieder durch K geht, und ist m' die entsprechende Ablesung an der Mikrometerschraube, so ist wegen der Ähnlichkeit der Dreiecke $O'KA$ und $O'm'm$ (wenn m und m' zugleich die Schnittpunkte der Hebelrichtung mit der Horizontalen im Abstand l unter O' bedeuten)



$$\frac{e}{v} = \frac{l}{m - m'} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 1)$$

wo $(m - m')$ in demselben Maß wie l und v in demselben Maß wie e gedacht wird. Die Abmessungen des Instruments sind nun so gewählt, daß $l/(m - m') = 1000$ ist; es ist nämlich $l = 100\ mm$ und $m - m' = 0{,}1\ mm$, wobei an den Punkten m und m' der Hebel an zwei Anschlägen in dem Abstand 0,1 *mm* festgehalten wird. Damit wird also

$$e = 1000 \cdot v \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 2)$$

Die Größe der Vertikalverschiebung v wird an einer Skale scharf abgelesen. Die Differenz der zwei Ablesungen an der vertikalen Skale, während die Fernrohrziellinie von O und O' aus nach K geht und der Hebel an den Anschlägen m und m' anliegt, in Millimeter ist zugleich die gesuchte Horizontaldistanz e in Meter. Auch der Höhenunterschied ist nicht unbequem zu finden, nämlich durch Multiplikation des ermittelten e mit der Konstanten m/l nach der Proportion

$$h = e \cdot \frac{m}{l} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 3)$$

Die konstruktive Ausführung des Instruments wird *a. a. O.* kurz beschrieben; es sind z. T. feine und empfindliche Einrichtungen an dem Instrument, z. B. ist die Mikrometerschraube zur Verschiebung des Hebelanschlags von m nach m' um genau $^1/_{10}$ *mm* jedenfalls keine erwünschte Zugabe. Man darf freilich beim Vergleich mit andern, ebenfalls für feinere Messungen bestimmten Tachymeterkonstruktionen, z. B. dem Fadendistanzmesser im Theodolit- oder Kippregelfernrohr, nicht vergessen, daß das neue Instrument keiner Latte bedarf. Es ist mir aber fraglich, ob sich Genauigkeiten wie die im folgenden noch anzugebenden in Wind und Wetter und im Staub dauernd festhalten lassen.

Es sind nämlich noch einige Versuchsmessungen mitgeteilt, die im Sommer 1903 bei Diebsteich bei Altona, auf Strecken von 50 *m*, 100 *m* und 300 *m*, mit dem Stahlband genau abgemessen, zur Erprobung der Genauigkeit der Entfernungsmessung mit dem Instrument

angestellt worden sind. Es genügt hier, den aus diesen Zahlen zu berechnenden mittlern Fehler und den Maximalfehler einer Messung der Horizontaldistanz anzugeben.

	Strecke 50 *m*	Strecke 100 *m*	Strecke 300 *m*
m. F. einer abgelesenen Horizontaldistanz	± 7 *cm*	± 14 *cm*	± 46 *cm*
Maximalfehler	0,1 *m*	0,3 *m*	1,0 *m*

Diese Genauigkeiten wären also, angesichts der Nichtverwendung einer Latte, ausgezeichnet. Über die Höhenfehler wird nichts mitgeteilt, ebenso über den Preis und, was noch wichtiger ist, nichts über den *Zeitaufwand* zur Herstellung der zwei Zielungen und Ausführung der zwei Ablesungen für einen aufzunehmenden Punkt oder für 100 Punkte.

Hammer.

Über die Genauigkeit geographischer Koordinaten, die mit dem Prismenastrolabium auf Reisen bestimmt wurden.

Von Driencourt. *Compt. rend.* ***140.*** *S. 302. 1905.*

Der Verf. sagt, die „wunderbare" Genauigkeit der Breiten- und Zeitbestimmung mit dem Prismenastrolabium, die dessen Erfinder Claude und er selbst in Montsouris 1901 und 1902 gefunden haben, sei bis jetzt nicht durch Beobachtungen auf der Reise bestätigt gewesen; diese Lücke wird nun durch die vorliegende Mitteilung über Messungen von Driencourt und Cot (auf einer 17-monatigen Reise an Bord der Nièvre) an den Küsten von Madagaskar ausgefüllt.

Die Beobachtung besteht bekanntlich im Notieren der mit dem Instrument sehr scharf aufzufassenden Augenblicke, zu denen verschiedene Sterne eine bestimmte *konstante*, aber nicht zu messende Höhe nahe bei 60° erreichen. Die Genauigkeit der Beobachtung und der Ergebnisse hat ihren Grund in der starken Vergrößerung des Fernrohrs, in der großen Zahl von Sternen, die man in kurzer Zeit beobachten kann, endlich in der gut verbürgten *Unveränderlichkeit* des Höhenwinkels. Das Instrument sei deshalb „*le véritable instrument*" der verallgemeinerten Methode der gleichen Höhen von Gauß. Wäre die wahre, der Beobachtung entsprechende Höhe genau bekannt, so würde jede Beobachtung einen geometrischen Ort für das Zenit, senkrecht zur Richtung nach dem Stern, liefern. Würde man alle Beobachtungen mit Hülfe der auf der Uhr abgelesenen Zeiten und des Uhrgangs auf dieselbe Uhrangabe reduzieren, so erhielte man eine Anzahl von geometrischen Örtern für das Zenit zu jener Uhrangabe, die, abgesehen von den Fehlern der Beobachtungen und der Positionen der Sterne, sich in einem und demselben Punkt schneiden würden. Da man jedoch in die Rechnung statt der nicht bekannten wahren Höhe nur einen Näherungswert einführen kann, so schneiden jene Örter sich nicht in demselben Punkt, sondern umhüllen (mit demselben Vorbehalt selbstverständlich: Fehler der Beobachtungen und der Sternkoordinaten) einen Kleinkreis, der das Zenit zum Mittelpunkt und den Fehler in der angenommenen Höhe zum Halbmesser hat. Man muß, um die besten Sterne für die Bestimmung dieses Kleinkreises wählen und diesen auf der graphischen Darstellung in großem Maßstab sicher ziehen zu können, beachten, daß sich die relative Genauigkeit jener Örter mit dem Azimut des Sterns verändert.

In Madagaskar haben Driencourt und Cot auf fünf Punkten der Küste Breite und Ortszeit (Uhrkorrektion, zur Längenbestimmung mit dem Chronometer) nach der angegebenen Methode bestimmt; auf drei von diesen Punkten war die Breite bereits früher mit Hülfe eines tragbaren Meridiankreises gemessen worden. Die Ergebnisse der Messungen der Verf. sind in der Tat sehr genau; z. B. sind auf dem Beobachtungspunkt in Nosy Maroantaly (Westküste von Madagaskar) in vier Nächten verschiedener Monate im 2. Halbjahr 1903, mit Benutzung von 22, 18, 21, 17 Sternen, die Polhöhen — 18° 24′ 59,4″; 59,7″; 59,6″ und 59,2″ erhalten worden und ähnlich auf den vier andern Punkten. Die drei letzten, Majunga, Hellville und Antsirana, sind die Punkte, auf denen, wie bereits angedeutet, die Polhöhe

früher auch durch Beobachtungen am tragbaren Meridiankreis bestimmt war; die Abweichungen der neuen Werte gegen diese früheren Messungen (von Favé) sind − 1,9″, + 0,1″, + 0,7″ und in Antsirana gegen eine zweite frühere Messung (derselben Art, von Miou) − 3,1″. Der Verf. sagt, es sei damit festgestellt, daß zwei lange Beobachtungsreihen eines gewandten Beobachters am tragbaren Meridiankreis die Polhöhe von Majunga um mindestens 1½″ unrichtig ergeben haben, daß in Hellville die einstündige Beobachtung mit dem Prismonastrolabium auf 0,1″ dieselbe Zahl für die Polhöhe gegeben habe wie fünf Abende mit 61 Sternen am Meridiankreis, daß in Antsirana aus vier Abenden mit 59 Sternen Favé am transportabeln Meridiankreis ein Ergebnis gefunden habe, das dem wahren Wert weniger nahe komme als die Zahlen, die der Verf. aus kurzen Beobachtungszeiten an verschiedenen Tagen im März und April 1904 erhalten habe. Der Verf. betrachtet deshalb das Claudesche Astrolabium als dem tragbaren Meridiankreis für die Polhöhenbestimmung nicht nur in Beziehung auf die für die Messung erforderliche Zeit, sondern auch in Beziehung auf die Genauigkeit überlegen. Die Uhrkorrektionen werden im allgemeinen auf $^1/_{20}$ Sek. genau erhalten.

Nochmals sei bei dieser Gelegenheit darauf aufmerksam gemacht, daß ein demselben Zweck dienendes Instrument mit ebenfalls guter Sicherung der Konstanz des Höhenwinkels, das Nadirinstrument von Prof. Beck (früher in Riga, jetzt in Zürich), lange vor dem Prismenastrolabium fertiggestellt war (in mehreren Formen von Breithaupt in Cassel); über die Ergebnisse mit diesem Instrument steht, wie mir der Erfinder schreibt, eine weitere Publikation (in den *Astron. Nachr.*) demnächst bevor. Auch die Nušl-Frič schen Instrumente, über die hier s. Z. berichtet wurde, sind nochmals zu nennen; über das Zirkum-Zenital vgl. z. B. jetzt auch das Referat von Cohn (*Vierteljahrsschr. d. Deutschen Astron. Gesellsch.* **38.** *S. 224. 1904*) und die Berichtigung von Nušl und Frič dazu (*ebenda* **39.** *S. 327. 1905*), wo die von Cohn angestellte Vergleichung mit den Ergebnissen des Beckschen Nadirinstruments und des Chandlerschen Almukantars richtiggestellt wird; endlich über die neuste Anordnung von Nušl und Frič für ein Instrument zur Zeit- und Breitenbestimmung, bei dem ebenfalls die Libelle durch die Beobachtung eines Sterns und seines Bildes im Quecksilberhorizont mit Hülfe zweier passend geneigter Spiegel ersetzt wird, das „Diazenital“, die vorläufige Notiz der Genannten in *Astron. Nachr.* **166.** *S. 225. 1904.* *Hammer.*

Der logarithmische Rechenschieber und sein Gebrauch. Systeme Mannheim, Rietz, Perry, Nestlers Universal, Nestlers Präzision.

8°. 56 S. Lahr, A. Nestler 1905.

Unter diesem Titel wird zunächst auf 30 S. eine „Anleitung zum Gebrauche des“ (gewöhnlichen) „Rechenschiebers“ gegeben, der also hier als „System Mannheim“ bezeichnet wird. Sie zeichnet sich freilich nicht durch besondere Verständlichkeit aus, gibt sogar Regeln an, die jeder, der den vollen Nutzen des Rechenschiebers erfassen will, bald als überflüssig oder schädlich erkennen wird (die umständlichen Regeln zur „Bestimmung der Stellenzahl“, deren Anwendung nach *S. 11* „immer empfehlenswert“ ist!); selbst unrichtige Angaben über Grundzahlen u. dgl. finden sich, z. B. ist der Strich für $\pi/4$ nicht, wie *S. 29* angegeben ist, bei 784, sondern bei 785_4. Der zweite Teil der Schrift, mit dem wohl gleich hätte begonnen werden können, enthält die genauere Beschreibung der oben genannten Spezialeinrichtungen oder „Systeme“ von Rechenschiebern, und die Rücksicht auf diese Recheninstrumente veranlaßt mich, hier das Schriftchen anzuzeigen. Der „Präzisionsschieber“ hat als Grundstrecke der logarithmischen Teilung 50 *cm* (statt 12½ *cm* beim gewöhnlichen Rechenschieber in der obern Stab- und obern Zungenteilung), in zwei Strecken zerlegt, sodaß der Schieber die vom Tascheninstrument her bekannte und bequeme Länge behält. Der „Universalschieber“ nimmt besonders die „tachymetrischen Rechnungen“ mit auf (außerdem eine logarithmische Skale in ⅓ des Maßstabs der Grundskale, zur bequemen Rechnung mit Kuben und Kubikwurzeln); doch begegnen dem Verf. bei Erwähnung jener Rechnungen große Seltsamkeiten, *S. 43*: „die Distanzmesserablesung“ (gemeint ist das Lattenstück zwischen

den Distanzfäden) „sei a, der zugehörige Neigungswinkel der Visur sei n, dann erhalten wir nach folgenden Formeln die Distanz d und die Höhendifferenz h:

$$d = C \cdot a \cdot \cos^2 n + k; \qquad h = C \cdot a \cdot \sin n \cdot \cos n.$$

Hierin bedeutet C die Fadenkonstante, welche gewöhnlich $C = 100$ ist, k eine Konstante, welche vom Instrument abhängt". Die beiden angeschriebenen Gleichungen sind aber falsch; ist ferner nur k, nicht auch die „Fadenkonstante" C vom Instrument abhängig?

Der Rietzsche Schieber hat ebenfalls eine logarithmische Teilung in $^1/_2$ des Maßstabs der Hauptteilung auf der Vorderseite, ebenso die L-Teilung zur Ablesung der Logarithmenmantissen zu Zahlen und der Numeri zu Logarithmenmantissen; er ist besonders für Maschineningenieure bestimmt. Die Schieber „System Peter" und „System Perry" endlich erleichtern die Rechnung mit beliebigen Potenzen und Wurzeln (beliebigen ganzen oder gebrochnen, positiven oder negativen Exponenten). *Hammer.*

Der Gezeiten-Rektifikator, ein Instrument zur Eliminierung der Gezeitenwelle aus den Registrierkurven der Mareographen.

Von T. Terada. *Reports of the Tokyo Phys. Math. Soc. 1905.*

Schon seit langem haben jene Oszillationen des Meeresspiegels an Küsten, in Buchten und Häfen die Aufmerksamkeit auf sich gelenkt, welche der normalen Ebbe- und Flutwelle in den Aufzeichnungen der registrierenden Pegel, der Mareographen, aufgesetzt erscheinen. Besonders die japanischen Seenforscher haben diese „Oberschwingungen" einem eingehenden Studium unterworfen, welches zu den interessantesten Ergebnissen führte. Es zeigte sich, daß jede Bucht durch die große Hauptwelle der Gezeiten, welche vom Ozean her eindringt, zu individuellen Schwingungen angeregt wird, die ähnlich wie die *Seiches*-Schwingungen der Binnenseen besondere, durch die Größe und Konfiguration der Wasserbecken bestimmte Eigenschwingungsperioden aufweisen. Wie Resonatoren aus einer Schwingungsmasse ihre Eigenschwingungen herausgreifen und diese verstärken, so können die Oberschwingungen der einzelnen Meeresbuchten unter Umständen zu außerordentlichen Amplituden gesteigert werden. Namentlich, wenn die Wirkung mehrerer solcher Schwingungen mit derjenigen der Hauptwelle gleichsinnig zusammentritt, kann jenes verderbenbringende Anschwellen der Wassermassen resultieren, welches, von den Ufern alles mit sich fortreißend, gerade die Küsten Japans verheerend heimsucht, sodaß diese in Japan „Tsunami" genannten Springfluten, wie dem Ref. vor kurzem Prof. Nagaoka, die Seele der japanischen Seenforschungen, schrieb, in einem Jahre mehr Opfer fordern, als alle russischen Feldgeschütze zusammengenommen.

Das eingehende Studium dieser Oberschwingungen, welche sich den Gezeitenwellen überlagern, hat demnach nicht nur ein hervorragend theoretisches, sondern auch ein hohes praktisches Interesse. Um die Bedingungen des „Ansprechens" der Wassermassen einer Meeresbucht auf eine bestimmte Schwingungsperiode näher festzustellen, ist es notwendig, diese Schwingungen herauszulösen aus dem Komplexe von Schwingungen, welchen der Stift des Pegelapparates aufzeichnet, vor allem ist es notwendig, *diese Schwingung zu trennen von der Gezeitenhauptwelle selbst.* Diese Aufgabe auf rein mechanischem Wege zu lösen, ist der Zweck des überaus geistvollen Apparates von Terada. Man braucht mit seiner Hülfe nur einen Stift der Registrierkurve entlang zu führen, dann schreibt ein zweiter Stift die Oberschwingungen allein auf; dieselben erscheinen so, als hätte der Wasserspiegel nur sie ausgeführt, die Hauptwelle wird unterdrückt.

Um dies zu erreichen, verwendet Terada eine Gelenkführung, ähnlich wie sie bei den Pantographen oder den sog. „Storchschnäbeln" benutzt wird. Und zwar läßt sich leicht erkennen, daß eine einfache sinoidale Bewegung unterdrückt werden kann, wenn ein Drehpunkt C (Fig. 1) auf einer Sinuslinie mit einer Periode gleich derjenigen der zu unterdrückenden Hauptwelle, aber nur der halben Amplitude, geführt wird, während zwei gleichlange, mit ihm verbundene gleicharmige Winkelhebel an ihren Enden einerseits den Führungsstift B, andererseits den Schreibstift A tragen, und dafür gesorgt ist, daß bei ihrer Bewegung

des ganzen Hebelsystems von links nach rechts, die Punkte B, C und A immer vertikal übereinander bleiben.

Denn das Problem ist ja das folgende: gegeben ist eine Kurve mit einer Haupt- und Grundschwingung von der Amplitude b und der Periode n und mit beliebig vielen kürzeren Oberschwingungen der Amplituden $b_1, b_2, b_3 \ldots$ und der Perioden $n_1, n_2, n_3, \ldots$. also eine Kurve der Gleichung

$$y = a + b \sin n\,x + \sum_1^\infty b_m \sin n_m\,x.$$

Fig. 1.

Dies ist die obere Kurve der Fig. 1, längs deren der Stift B hingeführt wird. Halten wir nun bei dieser Bewegung den Zapfen C dauernd auf einer Kurve der Gleichung

$$y' = \frac{a}{2} + \frac{b}{2} \sin n\,x,$$

so beschreibt offenbar der Punkt A eine Kurve, deren Ordinate y'' vermöge der Hebelverbindung dauernd der Relation entspricht

$$y - y' = y' - y''.$$

Hieraus folgt aber

$$y'' = 2\,y' - y$$

und, wenn wir die Werte von y' und y einsetzen,

$$y'' = a + b \sin n\,x - a - b \sin n\,x - \sum_1^\infty b_m \sin n_m\,x$$

oder

$$y'' = - \sum_1^\infty b_m \sin n_m\,x.$$

Man sieht also: die y''-Kurve enthält nur noch die Oberschwingungen, der Stift A schreibt nur diese auf, aber, wie man aus dem umgekehrten Vorzeichen ersieht, als Spiegelbild: einem Hinaufgehen der y-Kurve entspricht ein Hinabgehen der y''-Kurve und umgekehrt. Ist die y-Kurve selbst nur eine einfache Sinuslinie, so zeichnet der Stift A einfach eine Gerade.

Soll bei der Umzeichnung zugleich eine Maßstabänderung mit eintreten, so braucht man nur das Verhältnis der Hebelarme entsprechend abzuändern. Ist k das Verhältnis der Länge des oberen Kniehebels zu derjenigen des unteren, so hat man augenscheinlich in jeder Stellung

$$k\,(y - y') = y' - y'' \quad \text{oder} \quad (k+1)\,y' = k\,y + y''.$$

Soll nun jetzt zu einem

$$y = a + b \sin n\,x + \sum_1^\infty b_m \sin n_m\,x$$

ein

$$y'' = - k \sum_1^\infty b_m \sin n_m\,x$$

gehören, so muß man C auf einer Sinoide führen, deren Ordinate y' der Gleichung genügt

$$(k+1)\,y' = k\,a + k\,b \sin n\,x$$

oder

$$y' = \frac{k}{k+1}\,a + \frac{k}{k+1}\,b \sin n\,x,$$

d. h. um die Amplituden der Oberschwingungen in der Umzeichnung zu ver-k-fachen, muß man den oberen Doppelhebel ver-k-fachen und C auf einer Sinoide führen, deren Höhe und Amplitude nur den $k/(k+1)$-ten Teil der entsprechenden Größen der Hauptkurve beträgt (für $k = 1$ kommt man dann auf den vorher betrachteten einfacheren Fall zurück).

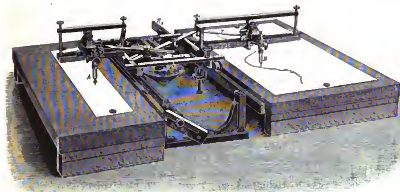


Fig. 2.

Eine Hauptschwierigkeit, die durch Fig. 1 schematisch dargestellte Führung zu realisieren, lag wohl darin, daß sie sich unmittelbar jeder Periodenlänge und Amplitude der Hauptschwingung $b \sin nx$ anpassen lassen mußte. Der Verf. erreicht seinen Zweck in der folgenden Weise (vgl. die beiden Gesamtansichten des Rektifikators, Fig. 2 u. 3; bei ersterer erscheint der Führungsstift B mit der gegebenen Kurve rechts, bei der zweiten links). Um

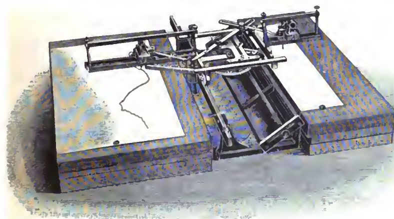


Fig. 3.

zunächst das Ganze parallel mit sich selbst seitwärts (in der x-Richtung der Fig. 1) bewegen zu können, ruht der Hebelapparat auf den beiden Schienen R_1 und R_2; in die letztere ist oben eine Nut eingeschnitten, in der zwei Rollen gehen. Die Schiene R_1 ist schräg gestellt, nach oben hin zugeschärft und hier mit einem eingelegten Gummistreifen versehen. Diese Schiene kann in verschiedenen Höhen festgeklemmt werden. Hierdurch wird die Einstellung auf die vorgegebene *Hauptperiode* ermöglicht. Entlang der oberen Kante der Schiene R_1

läuft nämlich der flache Metallkonus W, welcher eben mit der mit Schlitz versehenen Führungskurbel K fest verbunden ist. Fig. 4 zeigt das Abrollen von W entlang der Führungsschiene R_1 noch deutlicher. Je nach der Höhe l, auf der die Schiene R_1 festgestellt wird, wird der Drehbewegung von W eine verschiedene Periode T erteilt. Denn es ist $T = 2\pi r$ und $r = l \sin\alpha$, daher $l = (T/2\pi) \operatorname{cosec}\alpha$; eine kleine Tabelle gibt die für jede gegebene Periode T einzustellende Länge l. Hat z. B. die Hauptwelle in dem umzuzeichnenden Diagramm eine Periodenlänge von $T = 20$ *cm*, so findet man sofort die Länge l, auf die man die Schiene R_1 einstellen muß, damit bei einer Verschiebung der ganzen Vorrichtung um 20 *cm* der Konus W und alles, was mit ihm verbunden ist, gerade *eine* ganze Umdrehung ausführt. So kann man sich leicht allen in den Mareogrammen vorkommenden Hauptperioden anpassen, was sehr wichtig ist, weil diese nicht immer dieselbe Länge haben.

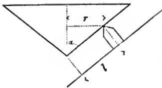


Fig. 4.

Die Adaptierung auf die im Diagramm gegebene *Amplitude* geschieht dadurch, daß der Zapfen P an verschiedenen Punkten der Führungskurbel K festgeklemmt werden kann. So beschreibt er Kreise von verschiedenen Radien, je nach seiner Stellung. Dieser Zapfen P läuft in dem Schlitze G des Schlittens S, und dieser endlich trägt den Zapfen C, der den Mittelpunkt der Stangenverbindung JJJ bildet. Die Stifte B und A bewegen sich in Führungen hin und her, welche mit dem auf den Schienen R_1 und R_2 rollenden Wagen fest verbunden sind. Hierdurch erhalten alle Bewegungen ihre von der Theorie vorgeschriebenen Formen: die Stifte B und A können sich bei allen Seitwärtsbewegungen des Wagens nur auf und abbewegen; der Zapfen C dagegen bewegt sich auf der der gegebenen Hauptperiode und dem gewünschten Übersetzungsverhältnisse entsprechenden Sinuslinie. Zur Er-

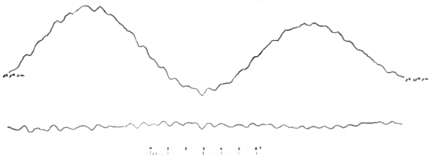


Fig. 5. Mareogramm von Sasaki. 14.—15. VIII. 1903.

leichterung der hierzu nötigen Einstellung des Zapfens P trägt die Führungskurbel K eine Einteilung. Sind P und die Schiene R_1 der gegebenen, aus dem Diagramm zu entnehmenden Amplitude und Periode der zu eliminierenden Hauptperiode angepaßt, so ist der Apparat gebrauchsfertig, es erübrigt dann nur noch, die Hebelübersetzung nach Maßgabe der gewünschten Maßstabveränderung geeignet zu wählen. Fig. 5 stellt eine solche Umzeichnung eines Kurvenstückes dar, wie es mittels des transportablen Quecksilber-Gezeitenmessers von S. Nakamura[1]) erhalten wurde.

Hat man *eine* Umzeichnung vorgenommen, so kann man die erhaltene Kurve demselben Prozesse noch einmal unterwerfen und die Oberschwingungen niederer Ordnung eliminieren und dadurch diejenigen der höheren Ordnung noch deutlicher herauslösen.

[1]) Vgl. *diese Zeitschr.* **23.** *S. 346. 1903.*

Der Apparat kann ferner noch zu verschiedenen anderen Zwecken verwendet werden.

1. Wird A längs einer geraden Linie hingeführt, so beschreibt B bei geeigneter Einstellung des Apparates eine harmonische Linie von jeder gewünschten Amplitude und Periode.

2. Wird eine solche harmonische Linie wiederum unter den als Führungsstift benutzten Stift A gebracht und die Phase der Führungskurbel K ebenso wie die Stellung des Zapfens P und der Schiene R_1 geeignet eingestellt, so kann über die ursprüngliche harmonische Linie jede beliebige andere solche Kurve mit beliebiger Phase, Amplitude und Periode gelegt werden. Bei Wiederholung dieser Operation kann das Resultat jeder gewünschten Superposition beliebiger einfacher Perioden erhalten werden innerhalb der Grenzen, welche durch die Dimensionen des Apparates und seiner Teile gezogen sind.

3. Umgekehrt kann jede aus einzelnen harmonischen Schwingungen zusammengesetzte Kurve analysiert werden, z. B. die durch einen Oszillographen aufgenommenen Wechselstromkurven, die *Seiches*-Kurven u. s. w. Überhaupt dürfte der Apparat bei allen Problemen der harmonischen Analyse und Synthese die besten Dienste leisten.

München, im Juli 1905. *H. Ebert.*

Neue Methode zur Messung von Dicken und Brechungsexponenten.

Von J. Macé de Lépinay und H. Buisson. *Compt. rend.* **137.** *S. 1038. 1903.*

Eine Beschreibung dieser Methode von Macé de Lépinay haben bereits die Referate in *dieser Zeitschr.* **23.** *S. 378. 1903;* **24.** *S. 30. 1904* gegeben. Die Verf. haben die Messungen auf Dicken bis zu 3,6 *cm*, sowie auf Körper mit optischem Drehungsvermögen ausgedehnt. Hierbei beträgt die Genauigkeit etwa 0,01 μ für die Dicke und einige Einheiten der siebenten Dezimale für den Brechungsexponenten.

Sind optisch aktive Körper, z. B. Quarzplatten in der Richtung der optischen Achse, zu untersuchen, so hat man bei der Beobachtung der Talbotschen Streifen linear polarisiertes Licht zu verwenden und dieses durch Zwischenfügen eines Glimmerplättchens von einer viertel Wellenlänge in zirkulares Licht zu verwandeln. An der Interferenz-Ordnungszahl ist dann eine von der optischen Drehung herrührende Korrektion anzubringen.

Bei seinen früheren Messungen an Quarzen hat Macé de Lépinay stets eine so gut wie vollkommene Konstanz im optischen Verhalten optisch reiner Quarze vorausgesetzt. Gegen diese Annahme hat sich der Ref. auf Grund eigener Versuche in einem längeren Referat über einen neuen Halbschattenanalysator von Macé de Lépinay in *dieser Zeitschr.* **21.** *S. 90 bis 92. 1901* (vgl. auch *ebenda S. 150 unten*) ausgesprochen und einen Sonderabdruck dieses Referats seiner Zeit an Macé de Lépinay geschickt.

Bei ihren jetzigen Messungen weisen nun auch die Verf. Verschiedenheiten im optischen Verhalten nach. Mehrere Quarze zeigten im Brechungsexponenten Differenzen bis zu sechs Einheiten der sechsten Dezimale; und selbst bei ein und derselben Quarzplatte traten in Abständen von einigen Zentimeter Unterschiede bis zu vier Einheiten der sechsten Dezimale auf.

Schönrock.

Messung sehr kleiner Drehungswinkel.

Von M. Brillouin. *Compt. rend.* **137.** *S. 786. 1903.*

Für die Konstruktion zweier Apparate, von welchen der eine, dem Eötvösschen ähnlich, zur Messung der örtlichen Elliptizität des Geoids dient, der andere mit Hülfe einer biegsamen Quarzplatte die Schwere zu bestimmen gestattet, hat der Verf. zur Bestimmung der sehr kleinen Drehungswinkel eine Methode benutzt, deren Prinzip er in der vorliegenden Arbeit kurz mitteilt, während ihre ausführliche Beschreibung an anderer Stelle erfolgen soll. Zwischen zwei gekreuzten Nicols befinden sich: eine 2 *cm* dicke Kalkspatplatte, deren Flächen ungefähr 45° mit der optischen Achse bilden; eine $\frac{1}{2}$ Wellenlängen-Platte, deren Hauptschnitt mit dem der Kalkspatplatte 45° bildet; noch eine Kalkspatplatte wie die erste und dieser parallel gestellt. Wird nun die eine der beiden Kalkspatplatten um eine zu ihrem Hauptschnitt senkrechte Achse um nur 54″ gedreht, so ergibt dies bereits einen Gangunter-

schied von nahe einer Wellenlänge. Da noch ein hundertel des Fransenabstandes bestimmbar ist, so läßt sich die halbe Sekunde leicht messen.

Die freie Öffnung des Fernrohr Objektivs braucht 25 *qmm* nicht zu überschreiten; seine Brennweite kann zu 7 *cm* gewählt werden. Eine besonders helle Lichtquelle ist nicht erforderlich. Nur die feste Kalkspatplatte muß mit dem Träger der beweglichen sehr starr verbunden werden; die übrigen Teile können ohne Einfluß auf die Genauigkeit der Messungen Drehungen um mehrere Sekunden erleiden. Die Messungen geschehen am besten in der Weise, daß man mittels eines Babinetschen Quarzkompensators die Phasendifferenz kompensiert, indem man die achromatische Franse auf die Marke zurückführt.

Die bewegliche Kalkspatplatte kann auch durch einen einfachen Spiegel ersetzt werden, wenn man eine $^1/_4$ Wellenlängen-Platte benutzt und den Strahlengang für Autokollimation einrichtet. *Schönrock.*

Neu erschienene Bücher.

O. D. Chwolson, Lehrbuch der Physik. 2. Bd. Lehre vom Schall (Akustik); Lehre von der strahlenden Energie. Aus dem Russischen übers. v. Oberlehrer H. Pflaum. gr. 8°. XXII, 1056 S. m. 658 Abb. u. 3 Stereoskopbildern. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1904. 18 M.; geb. 20 M.

Die deutsche Ausgabe ist eine Übersetzung der zweiten (russischen) Auflage des 1897 erschienenen vierbändigen Werkes und kann, da die Fachliteratur bis zum Jahre 1903 berücksichtigt worden ist, ihrem Inhalte und, wie vorweggenommen sei, auch ihrer Anlage nach als das zurzeit modernste *Lehrbuch* der Physik bezeichnet werden (vgl. auch die Besprechung des 1. Bandes in *dieser Zeitschr.* ***25.*** *S. 91. 1905*). Verf. setzt in der Vorrede zur deutschen Ausgabe auseinander, daß es sein Ziel war, ein Lehrbuch zu schaffen für den Lernenden, den Studierenden, nicht aber ein Handbuch für den Spezialisten. Demgemäß habe z. B. die Lehre von den optischen Instrumenten (die „Optotechnik") ebensowenig wie die Elektrotechnik (im 4. Bd.) eine ausführliche Behandlung erfahren, da beide selbständige Disziplinen seien, von denen nur die Grundlagen unverkürzt in die Lehrbücher der Physik gehören.

Von dem uns vorliegenden zweiten Bande ist ein Siebentel dem ersten Abschnitte gewidmet, der Lehre vom Schall.

Nach einer Ergänzung der bereits im 1. Bande behandelten Lehre von der strahlenden Ausbreitung harmonischer Schwingungsbewegungen folgt ein allgemeines Kapitel über die Entstehung und Ausbreitung des Schalles. Darin wird auf die eigenartige Stellung hingewiesen, die die Akustik in der Physik einnimmt, insofern die Erklärung der akustischen Erscheinungen unabhängig von speziellen Hypothesen eine reine Aufgabe der Mechanik ist, nämlich die Darstellung der verschiedenen Arten der Ausbreitung von Schwingungsbewegungen in einem elastischen festen, flüssigen oder gasförmigen Mittel. In den folgenden Kapiteln werden behandelt: die Schallgeschwindigkeit, die Reflexion, Brechung und Interferenz des Schalles, Schwingungen von Saiten, Stäben, Platten, Membranen sowie von gasförmigen Körpern im Inneren von Röhren, Methoden zur Bestimmung der sekundlichen Schwingungszahl, Resonanz, Anwendung des Dopplerschen Prinzipes, Kombination von Tönen, das menschliche Stimm- und Gehörorgan und im letzten Kapitel die in der Musik gebräuchlichen Töne. In diesem wird u. a. die merkwürdige Tatsache erwähnt, daß der Kammerton (a_1), für den jetzt 435 Schwingungen pro Sekunde angenommen werden, im Laufe der Zeit zwischen 448 (im Jahre 1857) und 403 Schwingungen (um das Jahr 1700), also fast um einen ganzen Ton geschwankt hat. Den Schluß dieses Kapitels und damit auch des ersten Abschnittes bildet die Helmholtzsche Erklärung der Dissonanz und Konsonanz.

Die Lehre vom Schall ist knapper behandelt als sonst in Lehrbüchern ähnlichen Umfanges.

Der folgende Abschnitt des Werkes ist der Lehre von der strahlenden Energie gewidmet. Nach einem einleitenden Paragraphen über die Eigenschaften des Äthers wird der Begriff der strahlenden Energie erläutert. Die Wellenlänge λ der bisher beobachteten Schwingungen hat die untere Grenze 0,0001 *mm* (Schumann-Strahlen im äußersten Ultraviolett, neuerdings von Th. Lyman mit einem Vakuum-Gitterspektrographen gemessen) und die obere Grenze von mehreren Meter (Hertzsche Wellen); noch nicht bekannt sind bisher Schwingungen, deren Wellenlänge zwischen 3 *mm* und 0,06 *mm* liegt. Die frühere Einteilung der Strahlen in Lichtstrahlen, Wärmestrahlen und chemische Strahlen wird als unhaltbar erwiesen, da alle diese Strahlen die Fähigkeit haben, einerseits in Wärmeenergie überzugehen, andererseits chemisch wirksam zu sein.

Nach einer längeren Erörterung über eine logische Einteilung der Gesamtheit der Strahlung entscheidet sich Chwolson aus einem praktischen Grunde dafür, bei der Einteilung die elektromagnetische Natur des Lichtes außer acht zu lassen und die strahlende Energie einfach als harmonische Schwingungsbewegung zu betrachten. Die folgenden Paragraphen behandeln die Entstehung der Strahlung, besonders ausführlich die der Hertzschen elektrischen Strahlen, Methoden zum Nachweise der Strahlung bei kleiner und großer Wellenlänge (das Auge, die photographische Platte, Fluoreszenzplatte, thermoelektrische Säule, Bolometer, Radiometer u. a.) und einige Fundamentaleigenschaften der Strahlung. In dem Paragraphen „Terminologie“ wird der Begriff „Wärmestrahlen“ als irreführend bezeichnet und die strahlende Energie eingeteilt in

1. elektrische (Hertzsche) Strahlen, von $\lambda = 3$ *mm* bis zu beliebig großen Werten,
2. nicht erschlossenes Gebiet von $\lambda = 3$ *mm* bis $\lambda = 0{,}06$ *mm*, etwa $5^1/_2$ Oktaven umfassend,
3. dunkle oder unsichtbare infrarote Strahlen ($\lambda = 0{,}76\,\mu$ bis $\lambda = 60\,\mu$), etwa $6^1/_2$ Oktaven,
4. sichtbare Strahlen oder Lichtstrahlen ($\lambda = 0{,}4\,\mu$ bis $\lambda = 0{,}76\,\mu$), fast 1 Oktave,
5. dunkle oder unsichtbare ultraviolette Strahlen ($\lambda = 0{,}1\,\mu$ bis $\lambda = 0{,}4\,\mu$), genau 2 Oktaven.

Mit einer knappen Aufzählung von Methoden zur Erlangung homogener Strahlen und einem Hinweis auf die „neuen Strahlen“ (Röntgen-Strahlen, Becquerel-Strahlen), denen man noch keinen Platz im Spektrum anweisen kann, schließt das erste Kapitel.

In Kapitel II: „Übergang von Wärmeenergie in strahlende Energie und umgekehrt“ wird zunächst der kalorischen Strahlung, die ausschließlich die Wärmeenergie des strahlenden Körpers zur Quelle hat, die Lumineszenz gegenübergestellt und an Hand der wichtigsten Fälle erläutert, ohne einen Hinweis darauf, daß die Lumineszenz mit diesem Kapitel eigentlich gerade nichts zu tun hat. Darauf werden einige Gesetze der integralen Strahlung zusammengestellt, wobei u. a. Mellonis *Tabellen* wohl nur aus historischem Interesse Aufnahme gefunden haben. Nach der sehr ausführlichen Behandlung des Kirchhoffschen Gesetzes wird die Emission des absolut schwarzen Körpers besprochen. Es folgen die Strahlungsgesetze von Stefan und Wien und die große Reihe von Arbeiten, die sich daran anschlossen, bis zu Plancks Formeln und Lummer und Pringsheims, Paschens, Rubens und Kurlbaums Untersuchungen. Schließlich ist in dieses Kapitel noch der Druck der strahlenden Energie aufgenommen worden. Lebedews Versuche finden die gebührende Würdigung. Der Einfluß des Lichtdruckes auf die Bildung der Kometenschweife ist von Arrhenius und Schwarzschild auf Grund der Lebedewschen Arbeiten berechnet worden. Das umfangreiche Kapitel wird von einem 5 Seiten umfassenden Literaturverzeichnis beschlossen.

Die Kapitel III und IV behandeln die Ausbreitungsgeschwindigkeit und die Reflexion der strahlenden Energie; bezüglich der interessanten Frage nach der Beweglichkeit des des Äthers wird auf den IV. Band des Werkes verwiesen. Dem Kapitel V: „Die Brechung der strahlenden Energie“ ist ein Paragraph über Fokometrie angefügt. Kapitel VI und VII behandeln auf zusammen rund 200 Seiten den Brechungsindex und die Dispersion; die Darstellung der Spektroskopie ist durch eine außerordentlich große Anzahl von trefflichen Abbildungen anschaulich gestaltet worden. Das folgende Kapitel ist der Fluoreszenz, der

Phosphoreszenz und den chemischen Wirkungen der strahlenden Energie gewidmet, wobei die Photographie naturgemäß ziemlich kurz wegkommt, das IX. der Photometrie.

Über die optischen Instrumente gibt Chwolson, von dem in der Einleitung begründeten Standpunkte ausgehend, nur einen Überblick; zahlreiche Illustrationen, von denen ein Teil wohl nur aus historischem Interesse aufgenommen ist, vermitteln die Anschauung; auch in diesem Kapitel hat der Verf. die neuesten Arbeiten noch mit berücksichtigt; es enthält z. B. eine knappe, aber klare Darstellung von Siedentopf und Zsigmondys ultramikroskopischen Untersuchungen.

In dem folgenden XI. Kapitel: „Einiges aus der physiologischen Optik" ist der Stereoskopie ein gebührend breiter Raum gewidmet, drei der lehrreichen Pulfrichschen Stereoskopbilder sind dem Bande beigegeben.

Die optischen Erscheinungen in der Atmosphäre (Kap. XII) wären wohl besser erst nach der Beugung besprochen worden.

Kap. XIII—XVI handeln von der Interferenz, der Beugung, der Polarisation und der Doppelbrechung des Lichtes; die Interferenz polarisierter Strahlen und die Drehung der Polarisationsebene bilden den Inhalt der letzten zwei Kapitel.

Die jedem Kapitel angefügten Literaturverzeichnisse ermöglichen dem Benutzer des Buches, ohne Umstände auf die Originalarbeiten zurückzugehen; durch ein 30 Seiten umfassendes Namen- und Sachregister wird das Aufsuchen eines bestimmten Gegenstandes wesentlich erleichtert, und so wird das frisch geschriebene Werk auch in Deutschland ohne Zweifel sich viele Freunde erwerben. *Löwe.*

C. E. Curry, *Electromagnetic Theory of Light. Part. I.* 8°. 416 S. m. Fig. London 1905. Geb. in Leinw. 12,50 M.

C. R. Fresenius, Anleitung zur quantitativen chemischen Analyse. 6., stark verm. u. verb. Aufl. 4. Abdr. des 1877—1887 erschienenen Werkes. 2. Bd. gr. 8°. XVI, 872 S. m. Holzst. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1905. 18 M.

Landolt u. Börnstein, Physikalisch-chemische Tabellen. 3., umgearb. u. verm. Aufl., hrsg. v. R. Börnstein u. W. Meyerhoffer. Lex. 8°. XVI, 861 S. Berlin, J. Springer 1905. Geb. in Moleskin 36 M.

Wissenschaft, Die. Sammlung naturwissenschaftl. u. mathemat. Monographien. 8°. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn.

6. Bd. J. Ritter v. Geitler, Elektromagnet. Schwingungen u. Wellen. VIII, 154 S. m. 86 eingedr. Abbildgn. 1905. 4,50 M.; geb. in Leinw. 5,20 M.

J. G. Charlier, *Les méthodes et appareils de mesure du Temps, des Distances, des Vitesses et des Accélérations. Tome II.* 8°. Mit 131 Fig. Paris 1905. 5 M.

Das vollständige Werk, 2 Bde., m. 357 Fig. 10 M.

R. Fricke, Hauptsätze der Differential- u. Integral-Rechnung, als Leitfaden zum Gebrauch bei Vorlesungen zusammengestellt. 4. Aufl. gr. 8°. XV, 217 S. m. 74 Fig. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1905. 5 M.; geh. 5,80 M.

J. W. Gibbs, Elementare Grundlagen der statistischen Mechanik, entwickelt besonders im Hinblick auf e. rationelle Begründung der Thermodynamik. Deutsch bearb. v. E. Zermelo. gr. 8°. XVI, 216 S. Leipzig, J. A. Barth 1905. 10 M.; geb. in Leinw. 11 M.

Handbuch der angewandten physikalischen Chemie in Einzeldarstellungen. Hrsg. v. Prof. Dr. G. Bredig. Lex. 8°. Leipzig, J. A. Barth.

1. Bd. F. Foerster, Elektrochemie wässeriger Lösungen. XVII, 507 S. m. 121 Abbildgn. im Text. 1905. 20 M.; geb. in Leinw. 21 M. — 2. Bd. C. Doelter, Physikalisch-chemische Mineralogie. XI, 272 S. m. 66 Abbildgn. im Text. 12 M.; geb. in Leinw. 13 M.

H. Jahn, Grundriß der Elektrochemie. 2. umgearb. Aufl. Lex. 8°. XII, 549 S. m. 5 Abbildgn. Wien, A. Hölder 1905. 17,20 M.; geb. in Halbfrz. 19,70 M.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktion: Prof. Dr. St. **Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XXV. Jahrgang. **Oktober 1905.** Zehntes Heft.

Über perspektivische Darstellungen und die Hülfsmittel zu ihrem Verständnis.

Von
M. von Rohr in Jena.

Vorbemerkungen. Den ersten Anlaß zu dieser Arbeit gab eine Rezension meines Einführungsvortrages für den *Veranten*, in der der Versuch gemacht wurde, jenes Instrument mit dem Pontischen „Alethoskop" in Verbindung zu bringen. Die daraufhin angestellten Nachforschungen haben mich eine viel weiter zurückreichende Entwicklung erkennen lassen, als ich sie im Anfange der Arbeit vermutete, und es schien mir nicht zwecklos, auch anderen diese Ergebnisse zugänglich zu machen: sie lenken vielleicht die Aufmerksamkeit auf einige Perioden der Optik, die bisher unverdienterweise vernachlässigt worden sind.

Meine Absicht konnte aber nicht sein, alle Instrumente aufzuführen, die mit dem Thema in Verbindung stehen, und das Studium der einschlägigen Patentschriften wird durch diese Zusammenstellung nicht unnötig gemacht: ich habe nur versucht, in großen Zügen die Entwicklung der Hülfsmittel für die Entwerfung der Perspektive eines gegebenen körperlichen Objekts und für die umgekehrte Aufgabe, die Herbeiführung der Raumillusion aus einer gegebenen Perspektive, darzustellen, und habe nur derer Erwähnung getan, die mir Neues zu bringen schienen. Es ist meine Meinung, daß das hier vorgebrachte nur die ersten Bausteine zu einer wirklichen Geschichte dieser Bestrebungen und dieser Instrumente liefert, und daß die Aufmerksamkeit mehrerer in manchen, vielleicht sogar in den meisten Punkten mir unbekannte Vorgänger würde nachweisen können. Geschähe das, so würde erfreulicherweise allmählich mehr und mehr Material für eine zuverlässige Geschichte der Optik zusammengetragen, woran es bis jetzt noch sehr mangelt. Aus diesem Grunde habe ich mit Freuden von der liebenswürdigen Zustimmung der Redaktion Gebrauch gemacht und die Literatur in der mir gewohnten Form am Schlusse der Arbeit alphabetisch angeordnet zusammengestellt.

Wenn es sich bei optischen Instrumenten nicht um Messungen, sondern nur darum handelt, die Gegenstände dem Auge vorzuführen, so kann es erwünscht sein, die Gesichtswinkel zu vergrößern. Denn da für das beobachtende Auge eine durch seinen anatomischen Bau (den Zäpfchenabstand) bedingte scheinbare Größe besteht, unter die auch bei guter Strahlenvereinigung auf der Netzhaut der angulare Abstand zweier Punkte nicht herabsinken darf, wenn sie getrennt erscheinen sollen, so bietet die durch das Instrument zu leistende Vergrößerung der Gesichtswinkel ein Mittel

dar, mit der Erkennbarkeit der Einzelheiten die Deutlichkeit der Wahrnehmung zu steigern. Die beiden alten optischen Instrumente, das Fernrohr und das Mikroskop, gehören unter diese Klasse: beim Fernrohr müssen die Einzelheiten dem Auge unter größeren Gesichtswinkeln dargeboten werden, weil ihr großer Abstand sie dem unbewaffneten Auge entzieht, und beim Mikroskop tritt für die Wahrnehmung des

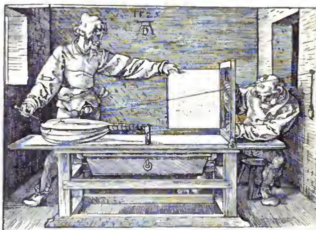


Fig. 1. Eine perspektivische Fadenmethode.

Der Durchstoßungspunkt des den Sehstrahl repräsentierenden Fadens mit der Zeichenebene wird durch mechanische Mittel von einem Beobachter festgestellt, dessen Augenort vom Projektionszentrum völlig unabhängig ist.

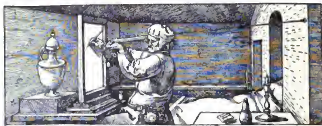


Fig. 2. Eine perspektivische Fadenmethode.

Das Auge des Zeichners befindet sich zwischen dem anvisierten Objekt und dem Projektionszentrum. Der Durchstoßungspunkt des Projektionsstrahls mit der Zeichenebene wird optisch durch Visieren festgestellt. Man beachte die runde Kimme.

kleinsten Details dieselbe Notwendigkeit ein, weil dem Akkommodationsvermögen eine Schranke gesetzt ist, die die hier leicht ausführbare Annäherung zwecklos macht.

Solche Vergrößerungen der Gesichtswinkel sind aber nicht überall notwendig. Lange bevor man optische Instrumente herstellen konnte, haben sich Künstler bemüht, die Gegenstände der Außenwelt abzubilden, d. h., optisch gesprochen, Darstellungen zu liefern, bei deren Betrachtung für das Auge des Beschauers dieselben Gesichtswinkel entstehen können wie bei der Betrachtung der dargestellten Objekte

selbst. Die Erweiterung des Bereichs der optischen Instrumente durch die große Klasse der photographischen Systeme hat es im Laufe der Zeit dahin gebracht, daß die bloße treue Wiedergabe der Erscheinungsform der räumlichen Objekte, ohne

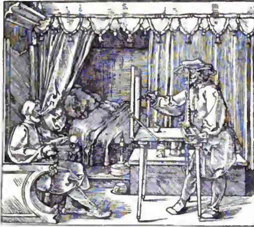


Fig. 3. Eine rein perspektivische Methode.

Das Projektionszentrum ist die runde Kimme, dicht hinter sie ist das (rechte) Auge des Zeichners gebracht. Die Feststellung des Durchstoßungspunktes geschieht wieder durch Visieren.



Fig. 4. Die Feldermethode.

Als Kimme dient die Spitze des Zeichenstabes, dicht hinter die das Auge des Zeichners gebracht worden ist.

Rücksicht auf die besonderen Zwecke des Künstlers, besser und schneller von den Instrumenten geleistet werden kann als von der Hand des Menschen. Ferner hat die durch chemische und optische Verbesserungen erzielte, immer weiter gehende Verkürzung der Aufnahmezeit sowohl neue Wissensgebiete (wie die Untersuchung

der Bewegungsvorgänge bei lebenden Wesen) erschlossen als auch bildliche Darstellungen von hohem Lehrwerte (wie die Vorführung von Reihenbildern und Kinematogrammen) möglich gemacht, an die man ohne die Ausbildung der optischen Hülfsmittel nicht würde denken können.

Es liegen also in der Tat ernsthafte optische Aufgaben auch dann vor, wenn man keine Vergrößerung der Gesichtswinkel verlangt. Wenn nun in den meisten Darstellungen der Optik die hier in Betracht kommenden Instrumente und Vorrichtungen nicht zusammenfassend behandelt werden, so liegt das wohl nicht so sehr daran, daß dabei nichts zu lernen wäre, sondern vielleicht mehr an dem Umstande, daß man jene Apparate und Einrichtungen — mit J. Petzval zu reden — nicht unter die „edlen" Erzeugnisse optischer Kunstfertigkeit zu rechnen gewöhnt ist.

Für die meisten Fälle kann man die hier zu lösende Anfgabe dahin spezialisieren, daß man sagt, von einem räumlich ausgedehnten Objekt sei auf einer vertikalen Schirmebene eine zu einem bestimmten (Gesichts-) Punkte perspektivische Darstellung zu liefern. In der Tat ist dieses Problem schon früh in Angriff genommen worden, und es ist von großem Interesse, die von einem solchen Sachkundigen wie G. Hauck (1. *S. 54—56*) gegebene historische Entwicklung der Perspektive zu verfolgen. Unter Benutzung der Bezeichnungen dieses Autors sind die fünf in Betracht kommenden Stufen der geometrische Aufriß, der Aufriß mit einer Seitenfassade in kavalierperspektivischer Manier, die Anbringung von zwei verschiedenen Kavalierperspektiven an dieser Seitenfassade, die frontale Zentralperspektive und die zentralperspektivische Schrägansicht. Um den Anfang der Neuzeit waren die Lehren der Zentralprojektion genügend entwickelt, und gerade in dieser Zeit hat es hervorragende Künstler gereizt, geometrisch einfach definierte Raumgebilde perspektivisch darzustellen, und so wurde die Architektur- und Innenmalerei, wie in neuester Zeit Fr. Schilling (1. *S. 123—124*) durch Rekonstruktionen dargetan hat, im Norden und im Süden mit bemerkenswerter Präzision geübt. Man nahm dabei allgemein als Projektionszentrum die Pupillenmitte an und setzte für die Betrachtung auch wieder diesen Zusammenhang voraus, behandelte also das Auge stillschweigend so, wie es beim indirekten Sehen in der Tat benutzt wird. Das für den unbefangenen Beobachter allein in Betracht kommende Sehen mit bewegtem Auge blieb ganz unberücksichtigt.

Für die Darstellung weniger einfach definierter Gebilde suchte man schon früh nach Hülfsmitteln, und Fr. Schilling[1] (1. *S. 156—157*) teilt deren vier in Abbildungen mit, wie sie auf A. Dürer zurückgehen[2] (Fig. 1 bis 4). Danach kann man die Hülfsmittel in zwei Klassen scheiden, je nachdem von dem für die ganze Zeichnung fixierten Projektionszentrum die Richtungen durch Fäden physisch konstruiert oder durch Sehstrahlen ersetzt werden, die nach der zwischen Zeichner und Objekt gebrachten Kimme zielen. Die Gestalt der Kimme ist nicht aus allen jenen Zeichnungen zu entnehmen. Es hindert aber wohl nichts, sie auch schon allgemein für die damalige Zeit als ein enges Loch anzunehmen, denn als solches tritt sie in Fig. 2 u. 3 auf, und ferner ist diese Form auch an Instrumenten des siebzehnten Jahrhunderts beglaubigt. Soweit man nach den in den Zeichnungen dargestellten Fällen schließen kann, waren die Fädenmethoden ziemlich unbehülflich und wurden, was natürlich

[1]) Ich benutze diese Gelegenheit, Hrn. Prof. Schilling für sein liebenswürdiges Entgegenkommen bestens zu danken, womit er die Wiedergabe dieser vier Figuren hier gestattete.

[2]) Nach der sehr eingehenden Studie von J. Waterhouse (1. *S. 272*) mag die vierte Methode sogar Leon Baptista Alberti um 1437 zuzuschreiben sein.

nicht im Wesen des Systems lag, mit einem etwas reichlich bemessenen Abstande benutzt, woraus sich dann wieder ein großer Betrachtungsabstand ergab. So ist es verständlich, daß sie ganz außer Gebrauch kamen. Länger lebte wohl allein die Feldermethode (Fig. 4), wo die Punkte aufgesucht wurden, in denen Teile des durch die Kimme betrachteten Objekts sich mit einem Fadennetze deckten, das in deutlicher Sehweite aufgestellt worden war. Die Zeichenebene enthielt ein identisches Netz, mit dessen Hülfe jene Deckpunkte richtig eingetragen werden konnten. Sicherlich sind alle diese Methoden später wieder erfunden worden; so mag für das Netzverfahren auf das Hautrivesche Patent (1.) verwiesen werden. Eine durchaus selbständige und sehr elegante Weiterbildung der ersten Dürerschen Punktiermethode geht auf den Maler und Baumeister L. Cardi, genannt Cigoli oder Civoli (1556 bis 1613) zurück, und sie wurde auch von J. Fr. Niceron 1646 als *Scenographum Catholicum*

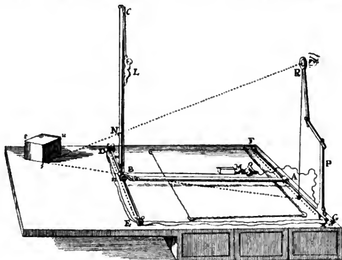


Fig. 5. L. Cardis *Scenographum Catholicum* nach der Doppelmayrschen Kopie.
Diese hält sich im allgemeinen treu an den leider zu spät aufgefundenen prächtigen Stich J. Fr. Nicerons und vergröbert nur unwesentliche Einzelheiten.

beschrieben. Der Nürnberger Physiker J. G. Doppelmayr (1.) übernahm diese Angaben, und auf ihn geht auch die obenstehende Fig. 5 zurück. Zwei parallele Leitstangen DE und FG, die der Bildbreite entsprechen, tragen einen rechten Winkel CBA mit gleich langen Schenkeln $CB = BA$. Die Bildebene wird durch die Lagen definiert, die der Arm CB einnimmt, wenn BA zwischen DF und EG hin- und herbewegt wird. Der Arm CB trägt ein Korn N, das durch eine Schnur von der Länge $LCBM = CBA$ mit dem Markierpunkt M verbunden ist. Diese Schnur wird durch das Gewicht L stets gespannt erhalten, da M sich durch sein eigenes Gewicht und die Reibung auf der Zeichenfläche in der einmal fixierten Stellung erhält. Es leuchtet ein, daß man durch vertikale Bewegungen des Kornes N und horizontale des Schenkels BA alle Punkte in der idealen Bildebene erreichen und mit der festen Kimme R also jede innerhalb der Begrenzung des räumlichen Gesichtswinkels liegende Sehrichtung festlegen kann. Die einvisierten Punkte werden infolge der beschriebenen Einrichtung kongruent auf die Zeichenebene $DEGF$ übertragen.

Dieselbe Quelle gibt eine sehr hübsche Verbesserung des allgemeinen Szenographen an, wobei die Verbindung des Visier- und Markierkorns durch einen vollständigen Schnurlauf erfolgt. Diese Veränderung, durch die die Gewichte fortfallen, wird dem kaiserlichen Hauptmanne J. C. M. zugeschrieben. Für die von dem englischen Architekten Chr. Wren getroffene Einrichtung sowie ähnliche Instrumente dieser Art sei auf die Darstellungen von J. G. Doppelmayr (1.) und J. Chr. Bischoff (1.) nur eben hingewiesen. Es ist wohl als sicher anzunehmen, daß das Studium der älteren Lehrbücher noch eine ganze Reihe solcher Hülfsmittel würde nachweisen können.

Hierher gehört auch die *Camera lucida*, ein zuerst wohl durch W. H. Wollaston ausgebildetes Instrument, das bis in die Gegenwart hinein als Zeichenapparat benutzt worden ist. Bei seiner Anwendung muß die Zeichenebene mindestens in der Entfernung des Nahepunkts liegen, damit man nicht nur auf das Spiegelbild der körperlichen Objekte, sondern auch auf die als Korn dienende Spitze des Zeichenstifts akkommodieren kann. Als Kimme dient die Stelle des Zeichenprismas oder der Spiegelanordnung, wo die von dem anvisierten Objekt und dem ihm entsprechenden Punkte der Zeichenebene ausgehenden Büschel einander am nächsten kommen. Diesem Punkte muß die Augenpupille möglichst nahe gebracht werden.

Zusammenfassend kann man sagen: alle diese Hülfsmittel haben das gemeinsam, daß der Pointierungspunkt des Sehstrahls in einer Ebene und in solcher Entfernung lag, daß das nahe an der Kimme befindliche Auge bequem auf ihn akkommodieren konnte. Da die Mannigfaltigkeit der Deckpunkte entweder direkt auf der Zeichenebene wiedergegeben oder kongruent zu ihr bestimmt wurde, so ist es von selbst klar, daß man auch die Zeichnung wieder aus dem richtigen Gesichtspunkte betrachten kann. Benutzt man die von M. von Rohr (3. *S. 274, 298*) auch im Winkelmannschen Handbuche benutzte Nomenklatur, so kann man den Vorgang auch so beschreiben, daß man sagt, die Abbildskopie müsse bei diesen Methoden während der Herstellung in deutlicher Sehweite liegen und könne daher auch fertig aus dem Projektionszentrum betrachtet werden.

Dieser Zustand änderte sich, als man begann, die mit einer schwachen Sammellinse ausgestattete *Camera obscura* allgemeiner als Zeichenapparat zu verwenden. Wann das zuerst geschah, ist wohl nicht mehr festzustellen, doch ist es gelegentlich schon vor dem Anfange des siebzehnten Jahrhunderts gewesen; so erwähnt J. Waterhouse (1. *S. 276, 286*) eine von Daniello Barbaro 1568 empfohlene Zeichenkamera für Maler. In allgemeineren Gebrauch scheinen diese Zeichenapparate aber doch erst beträchtlich später[1]) gekommen zu sein, und zwar sieht es so aus, als wäre die dafür bequeme und nützliche Hinzufügung eines Planspiegels am Ende des siebzehnten oder am Anfange des achtzehnten Jahrhunderts an verschiedenen Orten vorgeschlagen und ausgeführt worden. Manche Erfinder scheinen dafür die Knickung der Strahlen im „Polemoskop" zum Muster genommen zu haben. Auch die wohl erst später entwickelte, weiter unten erläuterte *Camera clara* gehört hierher.

Bei einem solchen Zeichenapparat dient nun zwar auch das Auge zur Herstellung der Abbildskopie, aber seine Lage ist jetzt anders wie vorher von der des Projektionszentrums ganz unabhängig; es dient nur mehr dazu — theoretisch genau wie bei der ersten Fadenmethode A. Dürers — die Durchstoßungspunkte der Haupt-

[1]) Noch 1741 erschien J. Chr. Bischoff (1. *S. 125*) die Verwendung einer *Camera obscura* weniger bequem als die eines Szenographen.

strahlen mit der Zeichenebene festzustellen. Ist die Brennweite der Kameralinse zu klein gewählt, so kann hier unter Umständen der Fall eintreten, daß der ausführende Künstler wegen mangelnden Akkommodationsvermögens gar nicht imstande ist, die Abbildskopie mit den dargestellten Gegenständen zur Deckung zu bringen. Man wird sich die Entwicklung dieser Zeichenapparate wahrscheinlich so vorstellen müssen, daß man in der ersten Zeit lange Brennweiten wählte, um das grobe Gefüge des Zeichenmaterials nicht gar zu sehr hervortreten zu lassen, und allmählich bei größerer Vervollkommnung des Zeichenpapiers und im Bestreben, die Instrumente handlicher zu machen, mit der Brennweite herabging. Namentlich geschah das bei den später zu besprechenden Hülfsmitteln für das Freihandzeichnen. Jedenfalls findet sich bei J. G. Büsch (1. *S. 118*) schon eine wortreiche, von manchen Zeitgenossen wiederholte Klage über die unnatürliche Wirkung mancher mit Hülfe der Kamera erzielten Bilder, aus der hervorgeht, daß der Kritiker sich über den Grund dieser Erscheinung durchaus nicht klar geworden war. Und doch waren von seinem Zeitgenossen J. H. Lambert diese Verhältnisse in einer musterhaften Weise und erschöpfend dargestellt worden. Seine schöne Behandlung der Perspektive hatte diesen Autor dazu vorbereitet, und er (3. 1. Tl. *S. 37*) wußte, daß perspektivische Darstellungen nur dann natürlich erscheinen können, wenn sie dem Auge unter denselben Winkeln erscheinen, unter denen sie aufgenommen wurden.

Es ist nicht leicht, festzustellen, wer solche Versuche zuerst vorgenommen hat. Nach J. Waterhouse (1. *S. 272, 282*) soll der schon erwähnte L. B. Alberti bereits um 1437 eine Einrichtung gekannt haben, um Gemälde durch ein kleines Loch betrachten und so mit großer Naturtreue wirken zu lassen. In späterer Zeit scheinen ähnliche Beobachtungen gleichsam zufällig gemacht worden zu sein. So hat im Jahre 1677 der Thüringer Professor J. Chr. Kohlhans (1. *S. 194*) bemerkt, daß es einen Vorteil für die Tiefendeutung gewähre, wenn man die in der *Camera obscura* entstehenden ebenen Darstellungen durch ein Konvexglas betrachte. Seine Beschreibung dieser Wirkung mag hier folgen. Er gibt zuerst das Netz an, wie es nötig ist, wenn man eine *Camera obscura* aus Pappe in der Form einer abgestumpften Pyramide herstellen wolle, und schreibt als Ausmaße etwa 0,7 *m* Höhe und $^1/_2$ *m* Breite vor. Er bemerkt ferner dazu: „Auf einer Seiten mitten an einem *trapezio* wird auch ein Loch „gemacht / dadurch man in das Kästlein siehet / auf ein weises Papier oder weisz- „gemachten Papp / welches das Untertheil des Kästleins ist: die andern Stück müssen „inwendig alle schwartz seyn. Das untere Stück oder Papp kan man abnehmen / und „mehr Sachen daran oder ins Kästlein machen / die *Objecta* vor Augen zu stellen. „Also erscheinen die *praesentirte* Sachen perspectivisch / das ist / gleich / wie die Mahler „etwas mit abreissen und mahlen vorstellen. Thut man aber in das Sehe-Loch ein „ander *vitrum convexum*, so etwan einen solchen *radium* hat / als das Loch von dem „*opposito albo* stehet / so siehet man die *objecta*, als vorher gedacht / wie sie von aussen „*libero oculo* vorkommen / in der Weite / Breite / Ründung / und Distantz. Ist ein neues „*inventum*, welches auch in der *obscura camera* zu gebrauchen."

Doch hat es nicht den Anschein, als sei dieser von dem Verfasser ja auch nicht näher erklärte Effekt von den Zeitgenossen sehr bemerkt worden.

Eine sehr alte Einrichtung, wie sie in der herangezogenen Literatur vorkommt, und die den Zweck hat, die Herbeiführung der richtigen Winkel von der Akkommodation unabhängig zu machen, findet sich 1740 bei B. Martin (1. *S. 288—291*). Es ist das ein astronomisches Fernrohr (Fig. 6, 7), von der Vergrößerung gleich 1 — nach der Beschreibung ohne Kollektiv, denn EF wird dort nur als Mikrometer beschrieben

und kann auch zu Zeichenzwecken durch ein kleines Fadennetz ersetzt werden. Eine Einstellvorrichtung scheint nicht vorhanden gewesen zu sein, sodaß man also nicht immer ein scharfes Bild erhalten haben wird. Es scheint namentlich zur Betrachtung der umgekehrten Bilder benutzt worden zu sein, wie sie im Innern von großen *Camera obscuras* entstanden, die in England zu jener Zeit vielfach als kleine Zimmer gebaut wurden. B. Martin hob aber auch den Vorteil deutlich hervor, den das Instrument bei der Betrachtung von Bildern leisten konnte; daß diese umgekehrt werden mußten, wird nicht besonders bemerkt. Seine Worte mögen folgen:

„*This small Machine is extremely useful for viewing perspective Prints, Views, and Pic-* „*tures &c. For as when you view Nature, it gives you a beautiful Projection thereof on the*



Fig. 6. *Optic machine* von B. Martin, 1. Pl. XXXIII auf $^2/_3$ verkl., das „Polymetroscopium" G. Fr. Branders.
Der Strahlengang ist von B. Martin von rechts nach links gehend dargestellt worden.
In der Beschreibung ist ein Kollektiv *EF* nicht angegeben.

„*perspective Plane; so, on the contrary, when you view a Print, Picture, or any Piece in per-* „*spective, it resolves it all into Nature and gives you the same Ideas of the Positions and* „*Distances of Objects in the Print, as you would have by viewing the things themselves in Nature.* „*It gives to Pictures such a natural and surprizing Relievo, as to make the Life itself be there.* „*If it be a Face, the Cheeks are protuberant, the Nose projects, the Eyebrows over-hang and* „*darken the Cavities beneath, in which the Eyes and Eye-lids seem to put themselves in a Posture* „*to view you, and the Lips are about to speak. In short, the Picture or Landscape being well* „*done, and in it's proper Colours, it is almost impossible to distinguish it seen thro' such a Glass,* „*from Nature, or the Life itself.*"

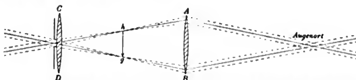


Fig. 7. Der Strahlengang in dem Martinschen Instrument ohne Kollektiv nach der Beschreibung.
Das Objekt ist in weiter Ferne angenommen.
Die Beschriftung stimmt mit der Martinschen Figur überein.

Der Augsburger Mechaniker G. Fr. Brander (1.) hat dann das gleiche Instrument, ohne diesen Vorgänger zu nennen, 1764 als *Polymetroscopium* in den Handel gebracht. Die hier wiedergegebenen Sätze über die Leistungen haben ihm so gut gefallen, daß er sie in seine Beschreibung aufnahm, wieder ohne ihre Herkunft kenntlich zu machen. Natürlich liegt die Möglichkeit vor, daß er seine Anleihe nicht bei B. Martin direkt, sondern bei einer vorläufig unbekannten Mittelsperson gemacht hat.

Einen gewissen Anhalt für die Zeit, in der die Bestrebungen, eine Illusion herbeizuführen, allgemeinere Beachtung fanden, erhält man aus J. Harris (1. *S. 214*), der ihren Beginn etwa auf 1730 verlegte. Die ersten Apparate (*shew boxes*) dieser Art

sind nach seinen Angaben um 1741 aus Holland nach England eingeführt worden, wurden von dem Londoner Optiker F. Clay verbessert und von den Händlern mit Kupferstichen nachgeahmt. Die optische Einrichtung dieser Guckkästen bestand in einem Hohlspiegel, der ein Bild für beide Augen des Beschauers entwarf. J. Harris (1. *S. 207—214*) gab eine Theorie dieser Instrumente, wobei er die starke, gegen den Beschauer konkave Krümmung zur Erklärung heranzog, mit der das durch den Hohlspiegel von dem Kupferstiche entworfene Bild behaftet ist. Daneben erschienen ihm auch die Perspektive und die Schattierung des Bildes von großer Bedeutung. Bei den Konstruktionen, die er angab, empfahl er, keine zu großen Bildformate zu verwenden. Er teilte auch eine von F. Clay getroffene Einrichtung (Fig. 8) mit, bei der zwischen den Hohlspiegel *CB* und den Beobachter *O* ein Planspiegel *rs* eingeschaltet war, um die Spiegelverkehrung der vergrößerten Bilder von *ab* aufzuheben. Diesen katoptrischen Instrumenten haftete der Übelstand an, daß man sie stets für schiefen Strahlengang benutzen mußte, weil der Beobachter *O* und die Zeichnung *ab* sich auf derselben Seite des Hohlspiegels befanden.

Fig. 8. F. Clays *shew box* mit einem Hohl- und einem Planspiegel nach J. Harris (1. Fig. 59 in nat. Größe).

Doch schon zur Zeit der Abfassung dieses Berichtes, um den Anfang der sechziger Jahre des achtzehnten Jahrhunderts, kamen die Spiegelguckkästen aus der Mode, weil die mit Linsen ausgestatteten optischen Kästen billiger und auch wohl besser waren. Hierin stimmt die Angabe von J. Harris gut zu der Darstellung in der etwas früher veröffentlichten Bischoffschen Schrift.

J. H. Lambert (2.) bemühte sich, den oben mitgeteilten Satz über die natürliche Wirkung richtig betrachteter perspektivischer Darstellungen durch einen direkten Versuch einer strengen Prüfung zu unterziehen. Er brachte dazu, wie Fig. 9 zeigt, in seiner *Camera obscura*, deren Linse die für sein Auge genügende Brennweite *CI* von 17,5 *cm* hatte, die Betrachtungsöffnung *GH* in der Vorderwand *OP* unmittelbar neben der Linse an, und er hatte die Genugtuung, daß das so betrachtete Bild *AB* ähnlich wie ein Spiegelbild die Gegenstände selbst vortäuschte. Auch seine Beschreibung mag hier nach (2.) folgen.

Fig. 9. J. L. Lamberts (2.) *Camera obscura.*

„*Je ne voyois plus du fond blanc que quelques inégalités qu'avoit le papier. Et l'image* „*bien loin de paroitre comme plaquée sur le fond AB, paroissoit derrière ce fond à sa distance* „*naturelle et dans sa grandeur naturelle. Aussi de personnes que je priois de regarder sans* „*leur dire de quoi il s'agissoit et dont quelques unes ne savoient pas ce que c'est qu'une chambre* „*obscure me demandèrent si j'avoit placé un miroir, parcequ'elles n'imaginoient pas autre chose* „*et que c'étoit comme si elles eussent regardé dans un miroir couvert légèrement de poussière ou* „*mal nettoyé.*“

An anderer Stelle machte er darauf aufmerksam (3. 2. Tl. *S. 35*), daß man die Brennweite der Kameralinse der deutlichen Sehweite seines Auges anpassen müsse, wenn das Bild den richtigen Eindruck vermitteln solle. Er war für solche Aufgaben

um so mehr geeignet, als er sich schon 1759 bewußt die Aufgabe gestellt hatte, aus der perspektivischen Zeichnung den Grundriß oder einen Aufriß abzuleiten. Er ist, wie Fr. Schilling (1. *S. 102*) hervorhob, als der Begründer der Photogrammetrie anzusehen, so wenig er auch wohl an die praktische Bedeutung seiner, den technischen Mitteln seiner Zeit weit vorauseilenden Theorie gedacht hat.

Die Verwendung der *Camera obscura* in diesem Sinne, für eine perspektivische Darstellung ohne Rücksicht auf die Akkommodation den richtigen Standpunkt einzunehmen und mit Hülfe der Erfahrung zu einer Illusion, d. h. zu einer richtigen Tiefendeutung, zu kommen, ist auch schon alt. Man benutzte die *Camera obscura* in diesem umgekehrten Strahlengange besonders dann, wenn Presbyopen kleine Bilder vorgeführt werden sollten. Wann man damit begann, würde sich nur durch die Aufmerksamkeit mehrerer Forscher auf diesem Gebiete ermitteln lassen. Vielleicht war die oben erwähnte Albertische Einrichtung eine *Camera obscura*. J. Parrats (1.) *optic machine* vom Jahre 1753 gehört bestimmt hierher, und ganz gewiß ist eine Einrichtung zu diesem Zwecke um 1764 weiteren Kreisen bekannt gewesen. Ein Beispiel davon gibt J. Bischoff (1.), und zwar scheinen nach seiner gut zu J. Harris passenden Darstellung zuerst Hohlspiegel als optische Systeme benutzt worden zu sein; er selbst zieht aber Linsen vor. Er gibt zutreffend an, daß es sich bei dieser Einrichtung weniger um eine Vergrößerung und mehr um die Herbeiführung einer Illusion handelt. Denn in der Tat wird ein normalsichtiges Auge durch eine dünne Linse in die Lage versetzt, mit entspannter Akkommodation ein Bild zu betrachten, das um die Äquivalentbrennweite von der Linse absteht, mithin das Bild bei einem solchen Akkommodationszustande unter größeren Gesichtswinkeln zu sehen, als es ihm ohne diese Unterstützung möglich sein würde. Solche Darstellungen mit einem besonders kleinen Betrachtungsabstande können durch die Benutzung einer *Camera obscura* mit kurzer Brennweite geliefert worden sein oder durch geometrisch-perspektivische Konstruktionen oder schließlich, und das wird für jene Zeit wohl am ehesten zutreffen, durch verkleinerte Kupferstiche nach der Natur oder nach Gemälden.

Die optische Einrichtung des Instruments war meistens durch einen über der ebenen Darstellung angebrachten Planspiegel vervollständigt, und zwischen ihm und dem Auge befand sich die Betrachtungslinse. Die Darstellungen wurden so von der Rückseite des Apparates eingeschoben, daß ihre oberen Teile dem Beschauer zugekehrt waren. Man bezeichnete das Instrument in Deutschland als *optischen* oder *Guckkasten*. In England kommt es unter dem Namen *optic machine* und *shew box* vor, und F. Moigno (1.) beschreibt es unter der Bezeichnung *optique*. Wenn man nach verschiedenen Sammlungen kulturhistorischer Zeichnungen urteilen darf, so haben diese Vorrichtungen um den Ausgang des achtzehnten und den Anfang des neunzehnten Jahrhunderts in ziemlich hohem Maße zur Volksbelustigung gedient.

Bei der Fortbildung und Verbesserung dieser Einrichtung lassen sich zwei Richtungen unterscheiden. Die erste erstrebte eine Erhöhung der Täuschung durch einen oder mehrere kulissenartige Rahmen, die, vor dem eigentlichen Bilde angeordnet, dessen Begrenzung auf eine möglichst natürliche Weise verdecken sollen. J. H. Lambert (3. 2. Tl. *S. 152*) hat für die Anfertigung solcher Rahmen perspektivische Regeln angegeben, die er durch passende Vereinfachung der Szenenperspektive erhielt. Die andere Richtung führte auf eine immer weitergehende Verkürzung der Brennweiten der Betrachtungslinsen. Das scheint zuerst ganz empirisch gemacht worden zu sein. So erwähnt J. H. Lambert (3. 1. Tl. *S. 41*) bereits 1759 die Gemälde, die durch Vergrößerungslinsen betrachtet werden müssen, und gibt 1774 (3. 2. Tl. *S. 93—96*) Regeln

für die richtige Konstruktion solcher Darstellnngen; er setzt bei ihrer Ableitnng schon ziemlich starke, etwa 3- bis 5-fache Vergrößerungen voraus und gibt auch die Anweisnng, vor das ganze Instrumentchen gleichsam einen Okulardeckel zu setzen, um den Augenort zu fixieren. Alles in allem genommen, ist die Theorie des Betrachtnngsapparats hier schon sehr gut auseinandergesetzt; nur beschränkte sich der Autor wegen der mangelhaften Korrektion der einfachen Bikonvexlinse auf ein scheinbares Gesichtsfeld von nur 20 Grad, und dann hielt er an der stillschweigend gemachten Voraussetzung des ruhenden Auges fest.

Aus seiner Beschreibung scheint so viel hervorzugehen, daß derartige Vorrichtungen zu jener Zeit nicht allzu selten gewesen sein können, und es würde von Interesse sein zu erfahren, ob sich irgendwo in Kunstsammlungen solche kleinen Gemälde, Landschaften und Porträts, womöglich noch mit ihrer Vergrößerungslinse, erhalten haben. Es ist denkbar, daß eine ziemlich große Zahl von Miniaturbildern ursprünglich für solche Vergrößerungsgläser bestimmt gewesen ist.

Eine weitere Änderung der nrsprünglichen Form, die aber nicht ohne weiteres als eine Verbesserung angesehen werden kann, wird von J. Bischoff (1.) 1764 erwähnt. Er beschrieb damals eine schwache, mit einem so großen Durchmesser (von 7,5 bis 9 *cm*) ausgeführte Betrachtungslinse, daß man mit beiden Augen zugleich hineinsehen konnte. Da dieselbe Einrichtnng ziemlich hundert Jahre später als Neuerung auftrat und dann auch größeren Anklang fand, so mag ihre eingehendere Behandlung bis zur Besprechnng dieses Zeitraums aufgeschoben bleiben.

Eine besondere Verwendung der *Camera obscura* erwähnte der schon früher zitierte J. Harris (1. *S. 277*); diese Instrnmente wurden auch als Hülfsmittel für das Zeichnen nach der Natur verwandt, und zwar stellte man zu diesem Zwecke kleine, bequem tragbare Kameras her. J. Harris empfahl dafür eine Länge von 15 bis 20 *cm* bei 5 bis 8 *cm* Breite (also ein Gesichtsfeld von 19 bis 21 Grad Breitenausdehnung), und er erwähnte, daß man in den Optikerläden seiner Zeit ein hübsches Spielzeng feil halte, nämlich eine auf einen Stock montierte *Camera obscura* mit einer Linse von 4 bis 5 *cm* Brennweite. Eine solche Einrichtung erachtete er aber nicht mehr für ernsthaft verwendbar.

Häufig scheint man bei diesen Zeichenhülfen den Planspiegel hinter die Linse und so eingeschaltet zu haben, daß er ähnlich wie bei den modernen Spiegelkameras das Bild nach oben auf eine matte Scheibe warf. Eine solche Einrichtung bezeichnete man dann als *Camera clara*. Sie hatte den Vorteil, daß der Zeichner, der ein solches Instrument zu Hülfe nahm, auch seine Beobachtnng bei gesenkter Blickrichtung machen konnte, und es wird gelegentlich erwähnt, daß sich namentlich Porträtmaler dieser Einrichtung bedienten. Durch einen Schirm suchte man das Auge vor dem störenden Nebenlichte zu schützen.

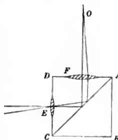


Fig. 10. Die *Camera clara* nach J. S. Tr. Gehler.

Gegen Ende des achtzehnten Jahrhnnderts kam an der *Camera clara* eine sehr zweckmäßige Regulierung des Strahlenganges auf, doch war ihr Urheber aus der hier benutzten Literatur nicht zu ermitteln. Dicht hinter das Bild wurde eine Konvexlinse F gestellt, die dann ihrerseits die Öffnung E (Fig. 10) an einem Orte O abbildete, an den bei der Benutznng das Auge zu bringen war. Die Linse E und der Planspiegel wurden minder vorteilhaft auch durch einen geneigten Hohlspiegel ersetzt. J. S. Tr. Gehler (1. 4. Bd. *S. 265*)

machte ausdrücklich darauf aufmerksam, daß dieses ganze Instrument als ein Fernrohr mit gebrochener Achse aufzufassen sei. Das Gesichtsfeld wird nur sehr klein gewesen sein.

In seinem Ergänzungsbande deutete derselbe Verfasser (l. 5. Bd. *S. 1029*) noch auf eine andere Form der *Camera clara* hin, bei der das endgültige Luftbild reell ist und zwischen Kollektiv und Auge zu liegen kommt. Als Muster dafür erwähnte er das Adamsische Lampenmikroskop.

Benutzte man nun eine Kamera mit kurzer Brennweite zur Unterstützung beim Freihandzeichnen, so kam man leicht auf eine an sich nicht falsche perspektivische Darstellung, die aber für einen sehr geringen Betrachtungsabstand bestimmt war. Da sich jene Entfernung ganz ohne Zutun des Zeichners ergab, so entging dieser Umstand leicht der Aufmerksamkeit, und solche Darstellungen wurden als fehlerhaft verurteilt. Derartige Klagen sind schon von J. Harris geäußert worden, und J. G. Büsch (l. *S. 118*) machte offenbar diesen Zeichenhülfen die gleichen ungerechtfertigten Vorwürfe. Diese Irrtümer der Theoretiker sind aber darum wertvoll, weil sie zeigen, daß die Erkenntnis des der Erscheinung zugrunde liegenden Problems den Autoren nicht gelungen war.

Der Umstand, daß bei der einfachen *Camera obscura* das Bild auf der matten Scheibe verkehrt erschien, mag häufig gestört haben, und so finden sich bei J. Harris (l. *S. 277*) als weitere Unterstützungen für den Freihandzeichner noch erwähnt ein Konvexspiegel und eine Zerstreuungslinse, die beide aufrechte Bilder liefern. Es muß hier aber darauf hingewiesen werden, daß die durch diese Hülfsmittel hervorgebrachten Zeichnungen an denselben Übelständen leiden können wie die mit Hülfe der kleinen *Camera obscura* entstandenen.

Das unter den großen Gesichtswinkeln w (Fig. 11) entworfene objektseitige Abbild wird von der Negativlinse in O' abgebildet und dem in P' befindlichen Auge des Zeichners unter Gesichtswinkeln w' dargeboten, die viel kleiner sind als die richtigen w. Tatsächlich gilt für dünne Zerstreuungslinsen von einer Brennweite $-f$

$$\frac{\operatorname{tg} w'}{\operatorname{tg} w} = \frac{f}{f+d},$$

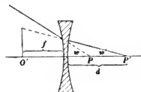


Fig. 11. Der Strahlengang bei einer als Zeichenhülfe benutzten Bikonkavlinse.

O' Achsenort des virtuellen Bildes; P' Augenort; d Abstand des Auges von der nächsten Linsenfläche; w objektseitige, w' bildseitige Gesichtswinkel.

und es ist die Schwierigkeit der Betrachtung nach solchen Konkavlinsen gezeichneter Bilder *ceteris paribus* um so größer, je kleiner die Brennweite des Konkavglases war. Man kann sich leicht durch den Versuch davon überzeugen, daß Landschaften, durch ein solches Glas betrachtet, einen Eindruck machen wie Weitwinkelaufnahmen aus einem ungehörig großen Abstande. Für die Konvexspiegel gelten ähnliche Überlegungen.

Es ist wohl anzunehmen, daß sich verschiedene Musterstücke dieser Hülfsmittel für Freihandzeichner in öffentlichen Sammlungen werden nachweisen lassen.

Weiter scheint man im achtzehnten Jahrhundert nicht in der Entwicklung dieser Instrumente gekommen zu sein. Aber auch so verdient das Resultat alle Anerkennung. Es ist gewiß ein großer Vorteil für die hier behandelten Fragen gewesen, daß ein so hervorragender Gelehrter wie J. H. Lambert sich mit ihnen beschäftigte, aber auch die Liebhaber und Erfinder geringeren Ranges zeigen durch ihre Leistungen eine gute Beobachtungsgabe und die ernste Absicht, zu einem Verständnis der Wirkungs-

weise dieser Vorkehrungen zu kommen. Wenn ihnen das nicht immer gelingt, so kann man als Entschuldigung anführen, daß die nötigen Kenntnisse damals durchaus nicht so leicht erworben werden konnten. Für die Überwindung der Schwierigkeiten wurde ein ziemliches Maß von Beharrlichkeit gefordert, und erst dann befand sich der Liebhaber der alten Zeit unter den Kennern, mit ihnen ein verstandesmäßiges Vergnügen an der Erkenntnis der Perspektive, als eines wichtigen Gesetzes bildlicher Darstellungen, teilend. Das methodische Vorgehen dieser Kenner, die beispielsweise bei der Betrachtung von Bildern häufig durch besondere Sehtrichter oder auch durch die hohle Hand die Rahmen wegzublenden und damit den natürlichen Eindruck des einäugig und vom richtigen Standpunkt betrachteten Bildes zu steigern suchten, scheint dem modernen Menschen leicht umständlich und pedantisch. Es läßt sich aber doch wohl kaum bestreiten, daß die Höhe des Verständnisses für das Geometrisch-Gesetzmäßige im Bilde den modernen Kunstkritiker nicht ausnahmlos zu einem solchen abfälligen und wegwerfenden Urteile berechtigt.

(Fortsetzung folgt.)

Fadentachymeter mit Mikrometerschraube von R. & A. Rost.

Von
Prof. A. Klingatsch in Graz.

In dem Porroschen Fernrohr schneiden sich bekanntlich die von den Distanzfäden parallel zur Okularbewegung ausgehenden Strahlen, nach dem Durchgange durch die Kollektiv- und Objektivlinse nach rückwärts verlängert, in dem anallaktischen Punkte, dem Scheitel des distanzmessenden Winkels. Fällt durch geeignete Wahl des Abstandes dieser beiden Linsen dieser Punkt in die Drehungsachse eines Theodolitfernrohres, welchem überdies durch eine Mikrometerschraube eine kleine meßbare Höhenänderung erteilt werden kann, so lassen sich Distanz- und Höhenbestimmungen in üblicher Weise durch Ablesen der drei Querfäden oder aber auch dadurch bewirken, daß der distanzmessende Winkel durch die Schraube hergestellt wird, sodaß die Lattenablesungen in zwei Fernrohrneigungen an demselben Faden erfolgen, während die Messung des betreffenden Höhenwinkels in beiden Fällen am Höhenkreis geschieht. Beide Verfahren lassen sich aber auch in gewisser Hinsicht vereinigen, wodurch auf verschiedenen Wegen aus Fadenablesungen tachymetrische Distanz- und Höhenmessungen abgeleitet werden können.

In der Folge soll die dem oberen, mittleren und unteren Querfaden entsprechende Visur bezw. die untere, mittlere und obere genannt werden, sodaß also die der unteren Visur entsprechende Ablesung an einer Skalenlatte die kleinste ist. Bedeutet ε den distanzmessenden Winkel bezüglich der beiden Seitenfäden, und wird in zwei Fernrohrneigungen, welche den durch die Mikrometerschraube gemessenen Winkel ε_1 einschließen, beobachtet, so kann aus zwei Fadenablesungen die Distanz und aus einer dritten die Höhe bestimmt werden, wobei die Gleichungen

$$E = K\,L \cos^2 \alpha \quad \text{und} \quad H = K\,L \sin \alpha \cos \alpha + J - V$$

Verwendung finden. Hierbei bezeichnet L den Lattenabschnitt, welcher dem Unterschiede zweier Lattenablesungen entspricht, während der Höhenwinkel α und die Lattenablesung V sich auf jene Zwischenlage beziehen, welche den von den beiden ersten Visuren gebildeten Winkel halbiert; die Kotangente dieses letzteren Winkels gibt die Multiplikationskonstante K. Man könnte daher auf fünfzehn verschiedenen Wegen aus zwei Fadenablesungen Distanz- und Höhenmessungen herleiten, welche

natürlich verschiedene Genauigkeit bieten, und von welchen für eine Verschärfung der Tachymetermessungen, um die es sich hier allein handelt, nur diejenigen in Betracht kommen, für welche der entsprechende distanzmessende Winkel nicht kleiner wird, als der durch die beiden Seitenfäden gegebene ist. So würden mit $\varepsilon_1 = \varepsilon$ die in beiden Fernrohrneigungen den Winkel 2ε einschließenden Visuren einem Fadendistanzmesser mit der Konstanten $K = \operatorname{cotg} 2\varepsilon$ entsprechen.

Die Mikrometerschraube, welche eben die Vergrößerung dieses Winkels bewirkt, kann aber auch noch zur Durchführung anderer Meßverfahren, wie beispielsweise zu



Fig. 1.

der von A. Tichy angegebenen logarithmischen Methode der Tachymeteraufnahme, oder aber, wenn die Schraube als Tangentenschraube wirkt, auch zur Vornahme trigonometrischer Nivellements nach dem Hogreweschen Verfahren u. s. f. dienen.

In einem früheren Aufsatze[1]) wurden vom Verfasser die Konstruktionsbedingungen eines Fadentachymeters mit Mikrometerschraube angegeben, nach welchen im mathematisch-mechanischen Institut von R. & A. Rost in Wien dessen Ausführung in sehr sorgfältiger Weise erfolgte.

Nachstehend folgt die Beschreibung des Instrumentes, der Vorgang bei der Prüfung der Konstanten sowie die Mitteilung einiger Messungsergebnisse.

[1]) Über Fadentachymeter mit Tangentenschraube, *Zeitschr. f. Vermess.* **34.** *S. 337, 353. 1905.*

I. Beschreibung des Tachymeters.

Das in den Fig. 1 u. 2 abgebildete Instrument hat einen Horizontalkreis von 13 *cm* Durchmesser, dessen schräge Fläche von 10 zu 10 Minuten geteilt ist und mit zwei Nonien von 20″ Angabe abgelesen wird. Den Kreis umgibt ein Deckmantel, der an jenen Stellen, wo sich die Nonien befinden, zwei mit Glas überdeckte Ausschnitte besitzt, welchen die Ableselupen gegenüberstehen. Zwei Reflektoren aus Milchglas dienen zur Abblendung.

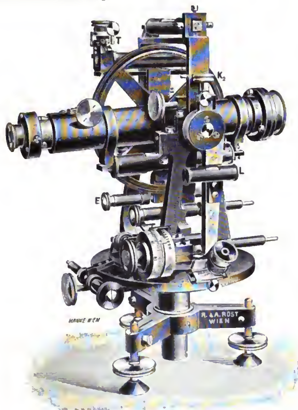


Fig. 2.

Der Höhenkreis hat 12 *cm* Durchmesser, ist ebenfalls in $^1/_6$ Grade geteilt und so beziffert, daß in der linken Kreislage an dem einen der beiden Nonien die Höhenwinkel bis auf 20″ direkt, für Tiefenwinkel hingegen die Ergänzungen zu 360° abgelesen werden. Die Drehung der Alhidade sowie die Höhenbewegung des Fernrohres wird durch Zentralklemmung unterbrochen, wodurch die bezüglichen Feinstellschrauben zur Wirkung gelangen. In Fig. 1 ist die auf die Höhenbewegung des Fernrohres sich beziehende Klemme und Feinstellschraube mit K_1 und F bezeichnet.

Das Porrosche Fernrohr besitzt eine freie Öffnung von 30 *mm*, die Brennweite des Objektivs ist 225 *mm*, jene der Kollektivlinse 131 *mm*, sodaß sich bei einem Ab-

stande der beiden Linsen von 200 *mm* der anallaktische Punkt in der Drehungsachse des Fernrohres befindet und die Distanzmesserkonstante genähert 100 ist. Zum Fernrohr gehören zwei orthoskopische Okulare, welche 20- bezw. 24-fache Vergrößerung bewirken.

Um die auf die obere, mittlere oder untere Visur sich beziehenden Höhenwinkel unmittelbar am Höhenkreis ablesen zu können, ist die an der Höhenkreisalhidade montierte Versicherungslibelle für sich verstellbar. Das eine Ende der Libellenfassung ist zwischen Spitzenschrauben S (Fig. 1) eingehängt, sodaß die Libelle um die durch S gebildete Achse eine kleine Drehung zuläßt; um letztere zu begrenzen, endet das andere Ende der Libellenfassung in ein stählernes Prisma, welches durch eine unterhalb der Libellenfassung angebrachte Feder gegen die Spitze einer Schraube V, deren Mutter sich im rechten Libellenträger befindet, gedrückt wird. Die Schraube trägt eine Trommel mit einem Teilstrich, welcher durch Drehen der ersteren mit einem am Libellenträger angebrachten Index Z zur Koinzidenz gebracht werden kann. Diese Stellung der Versicherungslibelle ist die normale; wird die Libelle mit der Einstellschraube E (Fig. 2) zum Einspielen gebracht, so sollen die auf die mittlere Visur sich beziehenden Höhenwinkel am Höhenkreis abgelesen werden. Die Drehung der Schraube V und die dadurch bedingte Neigungsänderung der Versicherungslibelle wird durch einen von der Schraubentrommel nach abwärts reichenden Stift T begrenzt, welcher in den betreffenden Stellungen an zwei Schräubchen anliegt. Wird die Libelle in diesen Lagen mit der Schraube E zum Einspielen gebracht, so geben die Höhenkreisablesungen die auf die Seitenfäden sich beziehenden Visurneigungen an. Nach erfolgter Einstellung wird eine weitere Drehung der Schraube V durch Anziehen einer Klemme verhindert.

Einen wesentlichen Instrumentenbestandteil bildet die in Fig. 3 in natürlicher Größe dargestellte Mikrometerschraube M (Fig. 1), welche sich in der linken Kreislage, in der gewöhnlich mit der Schraube gearbeitet wird, außerhalb des rechten Fernrohrträgers befindet und dort gelagert ist. Die Schraubenspitze drückt auf einen von der Drehungsachse nach abwärts reichenden Hebel — den Gleithebel — welcher an der Angriffsstelle mit einer harten, hochpolierten Stahleinlage versehen ist. Diese verläuft genau radial zur Drehungsachse des Fernrohres; die Mikrometerschraube wirkt zugleich als Tangentenschraube. Die Verbindung des Gleithebels mit der Drehungsachse des Fernrohres wird bei gelüfteter Klemme K_1 (Fig. 1) durch Zudrehen einer Klemme K_2 (Fig. 2) hergestellt, wodurch den Umdrehungen der Mikrometerschraube entsprechend kleine Neigungsänderungen des Fernrohres gemessen bezw. eingestellt werden können. Wird diese Schraube nicht benutzt, so bleibt K_2 stets gelüftet, und eine Drehung dieser Klemme wird durch Anziehen eines Klemmschräubchens verhindert. Der Ab-

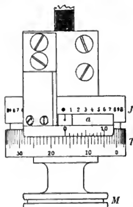


Fig. 3.

stand der Schraubenachse von der Drehungsachse des Fernrohres beträgt 100 *mm*, die Ganghöhe der Schraube ist 0,2 *mm*, sodaß fünf Umdrehungen der letzteren eine Verstellung jeder Fernrohrvisur um den Winkel 2062,65'', also denselben, welchen die den Seitenfäden entsprechenden Visuren im anallaktischen Punkte einschließen, bewirken. Für die Drehung stehen 20 Gänge zur Verfügung, was für den vor-

liegenden Zweck ausreicht. Zur Bestimmung des jeweiligen Schraubenstandes ist die folgende, auch bei astronomischen Instrumenten, Tourenzählern, Wasserstromflügeln u. s. f. gebräuchliche Anordnung getroffen.

Neben der in 100 Teile geteilten Schraubentrommel T (Fig. 3) befindet sich eine Zähl- oder Indextrommel J, welche dazu dient, die einzelnen Umdrehungen der Schraube an einem Indexstrich ablesen zu können. Innerhalb der Schraubentrommel ist ein mit der Schraubenmutter fest verbundenes, 50 Zähne tragendes Rad angebracht, welches also bei der Drehung der Trommel unbeweglich bleibt. Ein zweites mit 51 Zähnen versehenes Rad ist drehbar neben dem festen gelagert und mit der früher erwähnten Indextrommel verbunden. Überdies ist auf der Schraubentrommel ein kleines, drehbares Zahnrädchen montiert, das in beide Zahnräder eingreift. Ersteres wälzt sich bei der Drehung der Schraube auf dem festen Rade ab und nimmt das drehbare, mit der Indextrommel versehene Rad mit. Da nun das Intervall zwischen zwei Zähnen $^1/_{50}$ Trommelumdrehungen entspricht, so wird sich bei einer vollen Umdrehung der Mikrometerschraube die Indextrommel um diesen Betrag verdrehen, nach einer weiteren Umdrehung um dasselbe Stück u. s. f., wodurch eben die Ziffern 1, 2 . . . von J mit dem Indexstrich koinzidieren. So wird beispielsweise für die aus Fig. 3 ersichtliche Schraubenstellung der Schraubenstand mit 0,163 abgelesen. Die Zahnräder greifen so ineinander, daß toter Gang vorhanden ist, sodaß keine schädliche Beeinflussung der Mikrometerschraube auftritt und deren Drehung auch bei angezogener Klemme K_2 sehr leicht vonstatten geht.

Jene Schraubenstellung, welcher am Index sowohl bei J als bei T die Ablesung Null entspricht, ist die normale; die Angriffsfläche des Gleithebels ist dann bei aufgestelltem Instrument vertikal; eine zu derselben senkrecht montierte Libelle L (Fig. 2) spielt in diesem Falle ein.

Auf der den Indexstrich tragenden Platte befindet sich eine von diesem ausgehende, 10 Intervalle umfassende Teilung, der sogenannte logarithmische Bogen, dessen Länge 11,4 Trommelteile beträgt; eine der Länge dieser Teilung entsprechende Drehung der Schraube bewirkt eine Neigungsänderung des Fernrohres um 46,95″, einen Winkel, welcher für die Distanz- und Höhenmessung nach der logarithmischen Methode von Tichy eine konstante Größe bildet.

Mit dem Fernrohr ist eine Doppellibelle von 10″ Angabe verbunden, während für die Aufstellung des Instrumentes sowohl eine Aufsetzlibelle als auch zur rascheren Horizontierung zwei rechtwinklig zueinander stehende kleinere Libellen dienen, von welchen die eine am Deckmantel des Horizontalkreises, die zweite an dem linken Fernrohrständer angebracht ist. Zur Verringerung des Instrumentengewichts sind Dreifuß, Deckmantel für den Horizontalkreis sowie die Fernrohrständer aus Magnalium hergestellt.

Zum Instrumente gehört ein Stativ mit metallener Kopfplatte, die drei Teller von 7,5 *cm* Durchmesser mit vorspringenden Rändern trägt, auf welchen die Fußschrauben ruhen. Eine in den Stativkopf eingelassene Dosenlibelle dient zur rascheren Aufstellung.

Das beschriebene Instrument ist daher sowohl ein Faden- wie ein Schraubentachymeter, doch ist die Verwendung der Mikrometerschraube im allgemeinen nur in jenen Fällen vorgesehen, wo es sich um genaue tachymetrische Distanz- und Höhenmessungen, wie beispielsweise bei Polygonzugsaufnahmen, handelt.

II. Prüfung und Gebrauch des Tachymeters.

Es werden hier lediglich die folgenden drei Untersuchungen besprochen:

1. die Bestimmung der Umdrehungszahl s der Mikrometerschraube, welche dem distanzmessenden Winkel ε entspricht;
2. die Prüfung der Versicherungslibelle des Höhenkreises;
3. die Ermittelung der Multiplikationskonstante K des Fadendistanzmessers.

1. Da der Scheitel des distanzmessenden Winkels in der Drehungsachse des Fernrohres liegt, so soll ein von der $\frac{\text{oberen}}{\text{unteren}}$ Visur getroffener Punkt nach s Umdrehungen von M durch die $\frac{\text{untere}}{\text{obere}}$ Visur eingestellt sein, je nachdem die Schraube, einer $\frac{\text{Hebung}}{\text{Senkung}}$ des Fernrohres entsprechend nach $\frac{\text{rechts}}{\text{links}}$ gedreht wird. Dabei ist nur dann s unabhängig von der Entfernung des Zielpunktes, wenn eben die obige Voraussetzung erfüllt ist. Es ist hingegen der Drehungswinkel φ des Fernrohres, welcher den Einstellungen der beiden Seitenfäden auf denselben Punkt entspricht, von ε verschieden, wenn der Scheitel des distanzmessenden Winkels sich im Abstande c von der Drehungsachse zwischen dieser und dem Objektiv oder aber zwischen jener und der Kollektivlinse befindet; wie man leicht findet, ist $\varphi = \varepsilon \mp \delta$, wo das obere Zeichen für die erste, das untere für die zweite Lage gilt und der Fehler $\delta = \frac{c}{E} \cdot \varphi = \frac{c}{E} \cdot \varepsilon$ ist, sodaß mit $\varepsilon = 2062''$ und $E = 20\,m$ für $c = 2\,cm$ $\delta = 2''$ wird.

Da bei dieser Untersuchung scharfe Einstellung erforderlich ist, so wurde eine Lattenmarke der auch für die späteren Messungen verwendeten logarithmischen Distanzlatte mit Zackenteilung von Starke & Kammerer in Wien hierzu benutzt und der folgende Messungsvorgang eingehalten. Nach genäherter Einstellung der Lattenmarke durch die obere Visur und Anziehen von K_2 wurde durch Rechtsdrehen von M aus der Normalstellung die genaue Einstellung bewirkt und der Schraubenstand abgelesen. Die Schraube wurde dann in demselben Sinne weiter gedreht, bis die Lattenmarke von der unteren Visur getroffen wurde. Die Differenz zwischen der jetzigen Schraubenablesung und der früheren ergab einen Wert für s. Die Beobachtung wurde durch Zurückdrehen von M wiederholt, wobei jedoch zunächst die Schraube aus ihrer letzten Stellung um etliche Trommelteile nach rechts gedreht und dann erst durch Linksdrehen die Einstellung auf die Lattenmarke, dem Beginne der Rückmessung entsprechend, bewirkt wurde.

Diese Untersuchung wurde bei entsprechender Wiederholung für die in Betracht kommenden Entfernungen von 20 m bis 160 m durchgeführt, und es zeigten sich keine größeren als die durch die Einstellungs- und Ablesefehler begründeten Differenzen. Hierdurch ergab sich auch, daß der anallaktische Punkt so nahe der Drehungsachse liegt, um bei allen jenen Messungen, wo die Einhaltung dieser Bedingung in Betracht kommt, keinen störenden Einfluß auszuüben. Der Winkelwert von ε, in Schraubenumdrehungen ausgedrückt, wurde zu $s = 5{,}017$ erhalten. Bei dem oben beschriebenen Messungsvorgange war das Bestreben vorhanden, den bei allen Mikrometerschrauben vorhandenen toten Gang, welcher allerdings durch die der Schraube entgegenwirkende Spiralfeder zum größten Teile aufgehoben wird, unschädlich zu machen.

2. Nachdem die Versicherungslibelle in ihre normale Lage eingestellt war, wurde in bekannter Weise durch Höhenwinkelmessungen in beiden Kreislagen diese Stellung

kontrolliert. Eine etwa notwendige Berichtigung müßte mit den unter der Grundplatte der Libelle befindlichen Korrektionsschrauben (Fig. 1) vorgenommen werden. Da die Nivellierlibelle unabhängig von dieser Untersuchung nach bekanntem Verfahren geprüft wurde, so ergab sich eine Kontrolle, indem bei einspielender Nivellier- und Versicherungslibelle das Mittel der Ablesungen an beiden Nonien 0° 0′ 0″ sein muß. Nun wurde der Versicherungslibelle diejenige Stellung gegeben, welche für die Messung der auf die obere Visur bezogenen Höhenwinkel in Betracht kommt. Wird nun die Nivellierlibelle mit M zum Einspielen gebracht, wodurch die mittlere Visur horizontal wird, hierauf die Schraubentrommel abgelesen und sodann M um 2,508 Umdrehungen durch Linksdrehen verstellt, so ist nunmehr die obere Visur horizontal, und es soll bei einspielender Versicherungslibelle das Nonienmittel 0° 0′ 0″ betragen. Trifft dies nicht zu, so ist durch die Einstellschraube E diese Ablesung einzustellen und der sich nun zeigende Ausschlag der Versicherungslibelle durch Lüften oder Anziehen jener Anschlagschraube, an welcher der Stift Z anliegt, zu beseitigen. Ebenso läßt sich die richtige Stellung der zweiten Anschlagschraube prüfen. Schließlich wurde auch untersucht, ob durch eine länger dauernde Verstellung dieser Libelle deren Normalstellung nicht leidet; dieselbe wurde mehrere Tage in einer Grenzlage belassen und sodann wieder in die Normalstellung gebracht und letztere nach dem früher beschriebenen Vorgange kontrolliert, wobei sich keine Veränderung zeigte.

3. Die Multiplikationskonstante K wurde in üblicher Weise aus mit 4 m langen Holzlatten längs gespannter Schnur gemessenen Entfernungen hergeleitet. Die Latten sind vor der Messung auf unserem Komparator mit zwei Endmaßen aus Stahl, für welche die Gleichungen bekannt sind, genau verglichen worden. Jede Entfernung wurde viermal gemessen, und es sind die durch ein Nivellement auf den Horizont reduzierten Längen zwischen den Punkten 1 . . . 5: $\overline{1,2} = 39,892\ m$, $\overline{1,3} = 79,800\ m$, $\overline{1,4} = 119,703\ m$, $\overline{1,5} = 159,639\ m$. Die Messung der Entfernungen $\overline{1,2}$, $\overline{1,3}$, $\overline{1,4}$, $\overline{1,5}$, $\overline{5,4}$, $\overline{5,3}$, $\overline{5,2}$, $\overline{5,1}$ mit dem neuen Instrument erfolgte nach zwei Methoden, nach der logarithmischen Methode mit Benutzung der früher erwähnten logarithmischen Distanzlatte und sodann auf tachymetrischem Wege mit Benutzung einer von Starke & Kammerer für unsere Lehrkanzel hergestellten Reversionslatte mit Doppelfelderteilung von 3 m Länge; mit dem jetzt zu beschreibenden Messungsvorgange wird auch die bezügliche Anwendung des Instrumentes gegeben.

a) Logarithmische Methode.

Nachdem die Versicherungslibelle für die obere Visur eingestellt ist, wird bei gelüfteten Klemmen K_1 und K_2 dem Fernrohr eine Neigung gegeben, daß diese Visur die Latte etwas unterhalb des am oberen Ende gelegenen Lattennullpunktes trifft. Nachdem K_2 angezogen ist, erfolgt durch Rechtsdrehen von M die Einstellung des dieser Visur entsprechenden unteren Fadens auf den Nullpunkt der Latte und die Ablesung am Höhenkreis; sodann wird jener Teilstrich der Trommel, welcher sich im Sinne der Bezifferung des logarithmischen Bogens vor dem Indexstrich des letzteren befindet, an der Trommel abgelesen und das Intervall zwischen beiden auf 0,1 Trommelteile geschätzt; diese Ablesung wird notiert. Nunmehr erfolgt durch Rechtsdrehen von M die Einstellung der unteren Visur, also des oberen Fadens, auf die nächstliegende Lattenmarke, worauf die ersten zwei Dezimalen für den Logarithmus des 100-fachen Lattenabschnittes samt ihrer Kennziffer an der Latte abgelesen werden. Um die dritte und vierte Dezimale zu erhalten, wird jener Teilstrich der Trommel T, welcher sich vor der Drehung von M unmittelbar vor dem Nullstrich

des logarithmischen Bogens befand, bei der jetzigen Schraubenstellung in die Teilung dieses Bogens eingeschätzt, wobei das frühere Schätzungsintervall hinzuzufügen ist. Da das Teilungsintervall des logarithmischen Bogens 1,14-mal größer ist als jenes der Trommel, so wird man in jenen Fällen, in welchen die bei der Einstellung auf den Lattennullpunkt gemachte Schätzung 0,5 eines Trommelteiles übersteigt, diese Schätzung um eins vermindern, um dieselbe als Einheiten der vierten Dezimale der Ablesung am logarithmischen Bogen hinzuzufügen.

Wurde also beispielsweise die Einstellung der oberen Visur auf den Lattennullpunkt bei der in Fig. 3 dargestellten Schraubenstellung bewirkt, so ist die hier zu machende Ablesung an der Trommel 3,7; befindet sich nun der Teilstrich 3 nach der zweiten Einstellung bei a, so hat man $68 + (7 - 1) = 74$ Einheiten der vierten Dezimale der Lattenablesung hinzuzufügen. Der oben beschriebene Vorgang geht bei einiger Übung rasch vonstatten und man macht sich auch hier von dem toten Gang der Schraube unabhängig.

Die Wiederholung einer Messung wird so bewirkt, daß die Trommel zunächst um etliche Teile nach links gedreht wird und sodann durch Rechtsdrehen neuerlich die Einstellung auf den Lattennullpunkt u. s. f. erfolgt. Es genügt, bei schwächeren Neigungen den Höhenkreis einmal abzulesen. In der angegebenen Weise wurde jede Entfernung sechsmal gemessen und aus den so erhaltenen Logarithmen das Mittel genommen.

b) Tachymetrische Methode.

Für die Distanzmessung wurde der doppelte distanzmessende Winkel, der Konstanten $K/2$ entsprechend, benutzt, indem der Lattenabschnitt aus zwei Lattenablesungen gebildet wird, von welchen sich die eine auf die untere Visur, die zweite auf die obere Visur bezieht, nachdem das Fernrohr durch s Umdrehungen von M um ε gedreht war. Hierbei wird das folgende Verfahren eingehalten.

Der Versicherungslibelle wird dieselbe Stellung gegeben wie bei a); bei gelüfteten Klemmen K_1 und K_2 wird das Fernrohr so nach der Latte gerichtet, daß die untere Visur dieselbe in der Nähe des Nullpunktes trifft, worauf K_2 angezogen wird. Nachdem M um etliche Teile nach links gedreht ist, erfolgt durch Rechtsdrehen die Einstellung von T auf die Normalstellung oder sonst auf einen in der Nähe befindlichen bezifferten Teilstrich. Nach Ablesung der Nonien des Höhenkreises und des oberen Fadens wird die Schraube um s Umdrehungen nach rechts gedreht und der untere Faden abgelesen. Zur Wiederholung der Messung wird jetzt M um einige Teile nach rechts verstellt, worauf durch Linksdrehen derselben die Einstellung auf einen Teilstrich von T und die Ablesung des unteren Fadens geschieht. Nach weiteren s Drehungen nach links ist wieder der obere Faden und schließlich der Höhenkreis abzulesen. Dieser Vorgang wurde mit der zweiten Lattenstellung wiederholt und schließlich aus den vier sich ergebenden Lattenabschnitten und den vier Höhenkreisablesungen das Mittel genommen. Die Messungen erstreckten sich lediglich auf die Entfernungen $\overline{1,2}$, $\overline{1,3}$, $\overline{1,4}$, $\overline{5,4}$, $\overline{5,3}$, $\overline{5,2}$. Die Latte wurde selbstverständlich durch seitliche Stützen in unveränderlicher, vertikaler Lage erhalten.

Da auch eine Vergleichung der später angeführten Messungen mit jenen des logarithmischen Universaltachymeters von Tichy-Starke beabsichtigt war, so wurde auch für das letztere Instrument die Konstante nach der logarithmischen Methode bestimmt. Hierbei wurde jede Messung sechsmal wiederholt, und es gibt der nachstehende Auszug aus den Aufschreibungen die Messungsergebnisse für die Strecke $E = \overline{1,4} = 119{,}703\ m$.

Universal-Tachymeter von Tichy-Starke	Tachymeter von Rost	
	logarithmische Methode	tachymetrische Methode
$\log 100\,L = 2{,}0787$	$\log 100\,L = 2{,}0789$	$L = 2{,}401$
86	91	399
89 $\alpha = 359{,}23$	91 $\alpha = 359^\circ\,13'\,0''$	400 $\alpha = 358^\circ\,23'\,41''$
88	89	400
88	92	
88	89	
$100\,L\cos^2\alpha\,(1 + 0{,}01\,\mathrm{tg}\,\alpha) =$		$50\,L\cos^2\alpha =$
$119{,}98_7\ m$	$119{,}92_5\ m$	$119{,}91\ m$
$l = 100\,L\cos^2\alpha\,(1 + 0{,}01\,\mathrm{tg}\,\alpha) - E =$		$l = 50\,L\cos^2\alpha - E =$
$0{,}28_4\ m$	$0{,}22_3\ m$	$0{,}20\ m$
$K = 100 + x$		$\frac{K}{2} = 50 + x$
$a = L\cos^2\alpha\,(1 + 0{,}01\,\mathrm{tg}\,\alpha)$		$a = L\cos^2\alpha$
$x = -0{,}235 \pm 0{,}023$	$x = -0{,}198 \pm 0{,}027$	$x = -0{,}090 \pm 0{,}011$
$K = 99{,}77$	$K = 99{,}80$	$K = 99{,}82$

Mit $K = 100{,}00$ ergeben sich für jede Strecke die Widersprüche l, sodaß sich für jedes der beiden Instrumente bezw. für jede Methode Fehlergleichungen der Form $v = a\,x + l$ aufstellen lassen, woraus für die Abweichung x der Konstanten K von ihrem Sollbetrage die oben angegebenen Werte mit ihren mittleren Fehlern und damit die Werte der Konstanten K folgen. Beide Instrumente zeigen hinsichtlich des Wertes der Konstanten zufällig fast vollständige Übereinstimmung; doch wurden die späteren Messungen mit dem Instrument von Tichy-Starke mit dem gefundenen Werte berechnet. Für das neue Instrument zeigen sich bei beiden Meßmethoden übereinstimmende Werte, da die Differenz innerhalb der diesen Werten anhaftenden Unsicherheit gelegen ist. Diese Übereinstimmung gibt eine gute Kontrolle, da eben beide Werte durch verschiedene Meßverfahren und unter Anwendung verschiedener Latten gefunden wurden, sodaß damit auch die korrekte Lattenteilung nachgewiesen erscheint. Der bequemeren Rechnung wegen wurden die mit diesem Instrumente durchgeführten Messungen für beide Methoden mit dem Werte $K = 99{,}80$ als endgültigen berechnet. Eine Abstimmung auf den Sollbetrag $K = 100{,}00$ durch Änderung des Abstandes d der Kollektivlinse vom Objektiv ist hier weniger zu empfehlen, da hierdurch die Lage des anallaktischen Punktes geändert wird. Sind nämlich f_1, f_2 die Brennweiten der Objektiv- und Kollektivlinse und e der Abstand des anallaktischen Punktes, also der Drehungsachse vom Objektiv, so ist d bekanntlich durch die Gleichung $d = f_2 + \frac{f_1\,e}{f_1 + e}$ bestimmt. Eine Änderung von d um Δd würde eben eine Verschiebung von e um

$$\Delta e = \left(\frac{e}{d - f_2}\right)^2 \Delta d = \left(1 + \frac{e}{f_1}\right)^2 \Delta d$$

bewirken. So ergibt sich für $e = 0{,}100\ m$; $f_1 = 0{,}225\ m$; $\Delta e = 2{,}1\,\Delta d$.

III. Messungsergebnisse.

Die Probemessungen bestehen in der Aufnahme eines Polygonzuges, welcher außerhalb des Stadtgebietes von Graz beginnt und auf etwa 1,5 km Länge die nach Gleisdorf führende Straße über die „Ries“ verfolgt. Der Polygonzug wurde am Anfange P_1, in einem Zwischenpunkte P_2 sowie im Endpunkte P_3, wo derselbe

einen Höhenunterschied über dem Ausgangspunkt von 100 *m* erreicht, an Triangulierungspunkte der vom Kataster bewirkten Aufnahme des Gemeindegebietes von Graz angeschlossen, wobei die drei Punktbestimmungen durch Rückwärtseinschneiden nach 5 bis 7 Punkten mit einem Mikroskoptheodolit von **Hildebrand** von 5" Angabe in je drei Sätzen bewirkt wurden.

Die ausgeglichenen Koordinaten der drei Punkte sind

$$P_1 \begin{cases} y_1 = -240{,}936\ m \\ x_1 = 13230{,}232 \end{cases}, \qquad P_2 \begin{cases} y_2 = -733{,}210\ m \\ x_2 = 12991{,}709 \end{cases}, \qquad P_3 \begin{cases} y_3 = -1524{,}364\ m \\ x_3 = 12630{,}900 \end{cases}.$$

Außerdem wurde der Höhenunterschied dieser drei Punkte durch ein wiederholt nach beiden Richtungen durchgeführtes genaues Nivellement, in welches auch die Polygonpunkte einbezogen wurden, und für welches ein Nivellierinstrument (Kompensations-Niveau) von **F. W. Breithaupt & Sohn** in Kassel und die früher erwähnte Reversionslatte verwendet wurde, bestimmt.

Die durch das Nivellement gefundenen Höhenunterschiede sind

$$P_1\,P_2 = 50{,}857\ m, \qquad P_2\,P_3 = 49{,}449\ m, \qquad \text{also zusammen } P_1\,P_3 = 100{,}306\ m.$$

Die Aufnahme des Zuges bezüglich Seiten- und Höhenmessung erfolgte dreimal, mit dem neuen Instrument einschließlich der Winkelmessung nach der logarithmischen und sodann nach der tachymetrischen Methode. Später geschah die Aufnahme mit dem logarithmischen Universaltachymeter von **Tichy-Starke** nach der logarithmischen Methode. Die Messungen wurden, um vergleichbar zu sein, von demselben Beobachter, meinem Assistenten Hrn. Ingenieur **Aubell**, durchgeführt.

Der eingehaltene Vorgang bei den Messungen war im allgemeinen derselbe wie bei der Konstantenbestimmung. Bei der logarithmischen Methode wurden für jede Seite in jeder Richtung je vier Schraubenmessungen mit beiden Instrumenten gemacht und mit dem Mittel die Entfernung und der Höhenunterschied berechnet. Bei der tachymetrischen Methode — mit Benutzung des doppelten distanzmessenden Winkels — wurde jede Entfernung in jeder Richtung nur zweimal gemessen, einmal mit Benutzung der einen Lattenteilung, das zweite Mal mit Verwendung der anderen. Hierbei wurden sowohl in der unteren wie in der s Schraubenumdrehungen entsprechenden oberen Fernrohrlage stets beide Seitenfäden abgelesen. Aus denjenigen Fadenablesungen, welche der Höhenbestimmung dienen und welche sich als gleich ergeben sollten — unterer Faden in der unteren und oberer Faden in der oberen Fernrohrlage — wurde im Falle einer durch den Schätzungsfehler bedingten Differenz das arithmetische Mittel genommen. Für jede Seite wurde das Ergebnis der aus diesen vier Messungen sich ergebenden Entfernung sowie der Höhenunterschied mit Benutzung des zugehörigen Höhenwinkels gesondert ausgerechnet.

In der nebenstehenden Zusammenstellung sind die Mittel aus allen Seiten- und Höhenmessungen für jede Seite angegeben. Überdies ist für das neue Instrument auch der auf Minuten abgerundete Höhenwinkel α, welcher sich auf die Nullpunktseinstellung der logarithmischen Latte bezieht, für die Messungsrichtung $P_1\,P_3$ zur Orientierung über die Neigungsverhältnisse eingesetzt.

Jede einzelne Polygonzugsaufnahme ergab das Resultat, daß sich die unregelmäßigen Fehler in der Gesamtstrecke zum größten Teile aufheben. Während beispielsweise in den steileren Strecken von 2 bis P_2 die Differenz zwischen Hin- und Rückmessung derselben Seite bei der logarithmischen Methode in einem Falle 0,15 *m*, bei der tachymetrischen in einem Falle 0,3 *m* betrug, stimmen in der Teilstrecke $P_1\,P_2$

Polygon-Seite	Universal-Tachymeter von Tichy-Sterke			Tachymeter von Rost							Nivellierte Höhenunterschiede	
	Länge	Höhenunterschiede		Logarithmische Methode				Tachymetrische Methode			einzeln	zusammen
		einzeln	zusammen	α	Länge	Höhenunterschiede einzeln	Höhenunterschiede zusammen	Länge	Höhenunterschiede einzeln	Höhenunterschiede zusammen		
	m	m	m		m	m	m	m	m	m	m	m
P_1, 1	103,06	2,035	2,035	2° 1'	103,05	2,037	2,037	102,92	2,030	2,030	2,034	2,034
1, 2	120,72	2,332	4,367	1 50	120,78	2,313	4,380	120,68	2,319	4,349	2,312	4,346
2, 3	71,89	5,439	9,806	5 33	71,91	5,430	9,810	71,97	5,433	9,782	5,447	9,793
3, 4	72,62	9,117	18,923	8 23	72,63	9,107	18,917	72,55	9,113	18,895	9,120	18,913
4, 5	81,01	9,999	28,922	6 37	81,11	10,000	28,917	81,06	9,994	28,889	10,018	28,931
5, 6	114,51	12,713	41,635	7 5	114,41	12,682	41,599	114,31	12,684	41,573	12,697	41,628
6, P_2	72,12	9,209	50,844	8 28	72,13	9,220	50,819	72,22	9,226	50,799	9,229	50,857
P_2, 7	56,76	4,772	55,616	6 28	56,81	4,768	55,587	56,74	4,766	55,565	4,767	55,624
7, 8	103,75	4,543	60,159	3 21	103,78	4,546	60,133	103,87	4,548	60,113	4,542	60,166
8, 9	90,84	7,387	67,546	5 38	90,86	7,388	67,521	90,83	7,385	67,498	7,379	67,545
9, 10	67,88	4,089	71,635	4 43	67,92	4,090	71,611	67,86	4,088	71,586	4,097	71,642
10, 11	76,64	4,527	76,162	4 31	76,62	4,517	76,128	76,69	4,529	76,115	4,529	76,171
11, 12	95,39	3,534	79,696	3 2	95,28	3,527	79,655	95,47	3,536	79,651	3,537	79,708
12, 13	108,61	3,158	82,854	2 30	108,63	3,172	82,827	108,67	3,168	82,819	3,169	82,877
13, 14	115,52	8,697	91,551	5 3	115,55	8,696	91,523	115,62	8,697	91,516	8,690	91,567
14, 15	102,00	3,718	95,269	2 58	102,16	3,733	95,256	102,11	3,735	95,251	3,717	95,284
15, P_3	113,16	5,016	100,285	3 19	113,20	5,027	100,283	113,29	5,029	100,280	5,022	100,306
	1566,48				1566,83			1566,86				

Polygonzug $P_1 P_2$.

$$f_x = [s \cdot \cos w] - (x_2 - x_1), \quad f_y = [s \cdot \sin w] - (y_2 - y_1).$$

	Tichy-Sterke	Logarithmische Methode	Tachymetrische Methode
Koordinatenfehler in P_2:	$f_x = +0{,}376\ m,\ f_y = +0{,}266\ m;$	$f_x = +0{,}360\ m,\ f_y = +0{,}201\ m;$	$f_x = +0{,}327\ m,\ f_y = +0{,}500\ m;$
Höhenfehler in P_2:	$-0{,}013\ m,$	$-0{,}038\ m,$	$-0{,}058\ m;$

Polygonzug $P_1 P_3$.

$$f_x = [s \cdot \cos w] - (x_3 - x_1), \quad f_y = [s \cdot \sin w] - (y_3 - y_1).$$

	Tichy-Sterke	Logarithmische Methode	Tachymetrische Methode
Koordinatenfehler in P_3:	$f_x = +0{,}459\ m,\ f_y = +0{,}431\ m;$	$f_x = +0{,}436\ m,\ f_y = +0{,}098\ m;$	$f_x = +0{,}217\ m,\ f_y = +0{,}124\ m;$
Höhenfehler in P_3:	$-0{,}021\ m,$	$-0{,}023\ m,$	$-0{,}026\ m;$

die Summen der Seiten auf 0,1 *m* bezw. 0,3 *m* überein, während in dem Gesamthöhenunterschied dieser Strecke sich bei P_2 eine größte Differenz von 0,045 *m* ergibt. Dessenungeachtet findet zum Schlusse zufällig ein fast vollständiger Ausgleich in den Messungsergebnissen des Höhenunterschiedes $P_1 P_3$ statt.

Entscheidender für die Genauigkeit als die gegenseitige Übereinstimmung in den Einzelmessungen und in den Summen sind bezüglich der Seitenmessungen die Koordinatenabschlußfehler und der Vergleich mit den Nivellementsergebnissen. Für die Teilstrecke $P_1 P_2$ sowohl als für den gesamten Zug $P_1 P_3$ sind die Abszissen- und Ordinatenwidersprüche $f_x f_y$ in der Tabelle angegeben, wo *s* die Zugseiten und *w* die aus der Polygonzugsberechnung folgenden Richtungswinkel bedeuten. Diese Widersprüche bleiben bei der logarithmischen Methode im allgemeinen innerhalb jener Grenze, welche im Sinne der österreichischen Instruktion für Polygonalvermessungen vom Jahre 1904 für Polygonzugsanschlüsse bei direkt mit Latten oder Stahlbändern gemessenen Zugseiten eingehalten werden sollen. Ebenso genügt die Übereinstimmung mit den nivellierten Höhenunterschieden allen Anforderungen.

Die Aufnahme nach der logarithmischen Methode mit dem neuen Instrument erforderte einschließlich der Winkelmessung, wobei die Punkte durch Absteckstäbe signalisiert wurden, $7^1/_3$ Stunden. Hierbei muß jedoch bemerkt werden, daß die Messungsverhältnisse keineswegs günstige sind, indem stärkerer Verkehr teilweise Arbeitspausen und auch Messungswiederholungen verursachte. Infolge des bei der Berechnung sich zeigenden kleinen Gesamtwinkelwiderspruches von 55″ wurde bei den folgenden Aufnahmen die Winkelmessung nicht mehr wiederholt.

Die Berechnung des Zuges mit dem Sollbetrage der Konstanten $K = 100{,}00$ führt natürlich auf große Widersprüche sowohl bezüglich der Koordinaten als auch bezüglich der Höhen und es sind daher mit verschiedenen Instrumenten durchgeführte und unter einander sehr gut stimmende Messungen ohne vorherige Prüfung noch nicht entscheidend.

Unter der Annahme, daß sich die unregelmäßigen Fehler zum großen Teile aufheben, könnte man die Konstante K unabhängig von ihrer direkten Bestimmung aus gemessenen Längen aus der Bedingung herleiten, daß der Polygonzug sowohl bezüglich der Koordinaten als auch bezüglich der nivellierten Höhe ohne Widerspruch abschließt, was also die allerdings nicht einwandfreie Annahme bedingt, daß die sich ergebenden Abschlußfehler ausschließlich oder doch zum größten Teile durch den unrichtigen Wert von K verursacht sind.

Diese Voraussetzung trifft für den Gesamtzug $P_1 P_3$ näherungsweise zu, indem die Messungsfehler in den beiden Teilzügen $P_1 P_2$ und $P_2 P_3$ das Gesamtergebnis annähernd im entgegengesetzten Sinne beeinflussen. Legt man der Berechnung die Ergebnisse der logarithmischen Methode mit dem neuen Instrument zugrunde, so lauten die drei Bedingungsgleichungen für die Bestimmung von K

$$\sum_{P_1}^{P_3} s \cos w = K \cdot \sum_{P_1}^{P_3} \left\{ L \cos^2 \alpha \, (1 + 0{,}01 \operatorname{tg} \alpha) \cos w \right\} - (x_3 - x_1) = 0$$

$$\sum_{P_1}^{P_3} s \sin w = K \cdot \sum_{P_1}^{P_3} \left\{ L \cos^2 \alpha \, (1 + 0{,}01 \operatorname{tg} \alpha) \sin w \right\} - (y_3 - y_1) = 0$$

$$K \cdot \sum_{P_1}^{P_3} \left\{ L \sin \alpha \cos \alpha \, (1 + 0{,}01 \operatorname{tg} \alpha) \right\} + \sum_{P_1}^{P_3} (J - V) - H = 0,$$

wo $H = 100{,}306$ *m* der nivellierte Höhenunterschied $P_1 P_3$ ist. Mit $K = 100 + x$ ergeben sich dann zur Bestimmung von x die drei Fehlergleichungen

$$v_1 = 6{,}00\,x + 0{,}763, \qquad v_2 = 12{,}86\,x + 2{,}472, \qquad v_3 = 1{,}00\,x + 0{,}179,$$

wobei in jeder Gleichung die rechtsstehenden Zahlen die Widersprüche angeben, welche die Berechnung des Zuges mit dem Werte $K = 100{,}00$ bezüglich der Abszissen, Ordinaten und Höhen liefert.

Die Ausgleichung gibt $x = -0{,}18$, oder $K = 99{,}82$, also hier denselben Wert wie die direkte Bestimmung aus gemessenen Längen.

Graz, im Juli 1905.

Referate.

Fehlerquellen bei astronomischen Untersuchungen von höchster Genauigkeit.

Von M. Loewy. *Compt. rend.* ***140.*** *S. 553. 1905.*

Das Pariser Meridianinstrument, welches behufs möglichst exakter Winkelmessung mit je sechs Mikroskopen an beiden Pfeilern zur Ablesung der beiden feingeteilten Kreise versehen worden war, ließ trotzdem eine befriedigende Übereinstimmung der an den beiden Kreisen gemessenen Winkel vermissen. Wenn man, von der nach Süden gerichteten horizontalen Lage des Fernrohres ausgehend, das Rohr immer um 60° weiter drehte, so hätten die Ablesungen der beiden Kreise, weil die einen im zu-, die anderen im abnehmenden Sinne verliefen, stets dieselbe konstante Summe geben müssen; denn Teilungsfehler konnten nicht in Frage kommen, da immer dieselben Teilstriche eingestellt wurden. Trotzdem kamen bei diesen Versuchen Abweichungen bis zu 0,5" vor.

Man dachte zuerst daran, daß die Speichen der Kreise nicht von genau gleichem Gewichte wären und wurde in dieser Meinung dadurch bestärkt, daß bei Anbringung eines Gewichtes von 200 *g* an eine der Speichen die Kreisablesung sich um 0,6" änderte, bei Entfernung des Gewichtes aber wieder auf den ursprünglichen Stand zurückging.

Um sicher zu sein, ob die möglicherweise vorhandene ungleichförmige Massenverteilung bei den beiden Kreisen wirklich an der unbefriedigenden Genauigkeit der Messungen die Schuld trüge, wurden zwei von 60 zu 60 Grad mit Teilstrichen versehene Vollkreise an Stelle der früheren Kreise gebracht und der oben beschriebene Versuch wiederholt. Aber auch jetzt war der Fehler nicht verschwunden.

Endlich fand man die Ursache in dem verschiedenen Aussehen, welches das Bild eines Teilstriches unter den sechs Mikroskopen zeigte. Nachdem die alten Mikroskope durch stärkere und bessere ersetzt worden waren, die Beleuchtung ebenfalls eine Verbesserung erfahren hatte und schärfere Teilstriche auf den Vollkreis gezogen waren, war hier die mangelhafte Übereinstimmung beseitigt. Bei den mit Speichen versehenen Kreisen bestand sie jedoch in geringerem Maße noch fort, weil die Teilstriche im Laufe der Zeit den scharfen Rand verloren hatten. Die beiden Kreise, deren Teilungen auf Silberstreifen eingerissen sind, sollen daher durch neue mit Teilungen auf Platiniridiumstreifen ersetzt werden.

Wie leicht zu sehen ist, wird auch die Bestimmung der Teilungsfehler durch eine Mangelhaftigkeit der Mikroskope, der Beleuchtung und der Teilstriche selbst beeinflußt.

Bei vielen Meridiankreisen dürfte, wie Verf. meint, der gleiche Grund die Erreichung der gewünschten Genauigkeit verhindern, während man fälschlich die Biegung der Kreise dafür verantwortlich macht.

Verf. spricht ferner von einer Fehlerquelle, die sich bei der von ihm vorgeschlagenen Methode der Bestimmung der Aberrations- und der Refraktionskonstanten recht unliebsam bemerklich gemacht hat und längere Zeit nicht entdeckt wurde.

Bei dieser Methode wird ein auf seinen beiden Keilflächen versilbertes Glasprisma vor das Fernrohrobjektiv gebracht, sodaß zwei Sterne, welche um das Doppelte des Prismenwinkels

voneinander abstehen, gleichzeitig im Gesichtsfeld gesehen werden. Wirkt nun die Aberration oder Refraktion zu verschiedenen Zeiten in verschiedenem Maße auf die scheinbare Distanz der Sterne, so wird sich diese Distanzänderung durch mikrometrische Messung des Abstandes der Sterne im Gesichtsfeld finden lassen. Leider hatten sich die Sternbildchen nicht rund, sondern spindelförmig gezeigt und, wie sich herausstellte, lag der Grund darin, daß vom Objektiv nur die Partien, welche die Projektionen der kreisförmigen Spiegel bildeten, zur Wirkung kamen.

Verf. hat daher jetzt den Spiegeln eine länglich-rechteckige Form gegeben und bringt durch Blenden immer nur kreisförmige Teile des Objektivs zur Wirkung.

Wenn dadurch auch die Bedingungen der Abbildung der Sterne wesentlich bessere geworden sind — nach Angabe des Verf. sind die Scheibchen jetzt vollkommen rund — so ist nach Meinung des Ref. das Ideal doch noch nicht erreicht, welches darin bestände, daß jeder Stern durch das volle Objektiv abgebildet würde. Solange nur einzelne Teile des Objektivs wirken, wird das Bild nach Lage und Gestalt, für die Praxis vielleicht unmerklich, von dem durch die volle Öffnung entworfenen etwas abweichen. *Kn.*

Über einige Verbesserungen an Durchgangsinstrumenten und Meridiankreisen, besonders an kleinen tragbaren Instrumenten.

Von G. Bigourdan. *Bull. astronomique* **21.** *S. 449. 1904.*

Der Beobachter am Durchgangsinstrument oder Meridiankreis bestimmt in der Regel die drei Aufstellungsfehler folgendermaßen: den Neigungsfehler *i* der Kippachse durch die Libelle, den Kollimationsfehler *c* der Fernrohrziellinie durch das Umlegen des Fernrohrs, was bei einem Polstern stets inmitten der Beobachtung möglich ist, den Richtungsfehler (Azimutalfehler) *k* der Kippachse durch Kombination der Polstern- und Südstern-Beobachtung.

Dabei sind die Bestimmungen von *k* und *c* im allgemeinen auf gewisse Höhenwinkel des Fernrohrs beschränkt, und man muß also annehmen, daß diese zwei Größen auch für andre Zenitdistanzen dieselben seien; nur *i* kann man stets in der Lage des Fernrohrs selbst messen, für die dieser Wert gebraucht wird. Der Verf. hat sich das Ziel gesetzt, Einrichtungen zur Vermeidung einiger dieser Übelstände anzugeben.

1. Die Kollimation *c* kann durch Umlegen des Fernrohrs in fünf Stellungen bestimmt werden:

bei einer Zielung ungefähr gegen den Pol, mit Hülfe der Zirkumpolarsterne,
bei einer Zenitzielung mit Benutzung des Zenitkollimators,
bei einer Nadirzielung mit Hülfe des Quecksilberhorizonts,
bei einer Horizontzielung nach N. oder nach S. mit Hülfe von Miren.

Diese Stellungen des Fernrohrs sind aber verschieden von den bei den Zielungen nach Südsternen vorhandenen; ferner setzt jede der Untersuchungsmethoden die sehr feste Aufstellung des Instruments voraus. Die Sache läßt sich verbessern durch einen Kollimator, der bei beliebigen Höhenwinkeln gebraucht werden kann; und einen solchen beschreibt und illustriert nun der Verf., wie er ihn von Mailhat für ein Meridianfernrohr von 7 *cm* Öffnung hat herstellen lassen. Mit Hülfe eines solchen Kollimators kann man die zahlreichen Ursachen verfolgen, die den Veränderungen der Kollimation zugrunde liegen (besonders die oft angenommene Lateralbiegung des Fernrohrs, „deren Grund schwer einzusehen ist“, die Verlegung des Objektivs in seiner Fassung, die z. B. durch Temperaturveränderungen hervorgerufen werden kann, übrigens durch Verwendung von Nickelstahl mit etwa 42% Ni für die Objektivfassung leicht fast ganz zu unterdrücken ist, u. s. w.). Dieser Kollimator für beliebige Zenitdistanzen ist der wichtigste und jedenfalls beachtenswerte Vorschlag von Bigourdan.

2. Die Kippachsenneigung *i* kann mit Hülfe des Nadirhorizonts oder mit Benutzung der Libelle bestimmt werden. Das Zittern der Quecksilberoberfläche beseitigt der Verf. dadurch, daß er den Quecksilberhorizont an Federn anhängt. Den häufigen Gebrauch des Niveauprüfers im zweiten Fall zur Bestimmung des jeweiligen Teilwerts der Libelle bei den verschiednen Temperaturen möchte Bigourdan mehr durch die englische Einrichtung der

Mikrometerschraube ersetzt sehen, mit der man die Blase um einen bekannten Winkel (Teil der Umdrehung der Mikrometerschraube) verschieben kann. Für das Anhängen der Libelle werden ebenfalls Vorschläge gemacht; die Ablesungen der Blasenenden sollen Fernablesungen sein.

3. Azimutalfehler *k*. Das oft angewandte Einsetzen der drei Fußschrauben in drei auf der Pfeileroberfläche befestigte metallene Rinnen verwirft **Bigourdan** mit Recht ganz; lieber soll das Instrument stärker beschwert werden, und zwar, um für transportable Instrumente das Gewicht des Instruments selbst nicht zu sehr zu vergrößern, am besten dadurch, daß man an Ort und Stelle das Gewicht des Fußes des Instruments durch an Drähten angehängte Materialien vermehrt. Für den Umlegeapparat des Fernrohrs macht der Verf. ebenfalls noch Vorschläge.

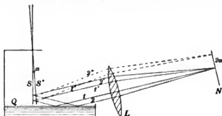
Wenn das Instrument durch Zufügung eines fein geteilten Höhenkreises aus dem Durchgangsinstrument zum Meridiankreis gemacht werden soll, so ist zu beachten, daß der Silberstreifen der gewöhnlich die Kreisteilung aufzunehmen hat, nicht in ein Material eingelassen wird, das einen von dem des Silbers sehr verschiednen Ausdehnungkoeffizienten hat (vgl. hierüber das Referat in *dieser Zeitschr.* **25.** *S. 18. 1905*).

Ein letzter Vorschlag **Bigourdans** zeigt noch, wie der Okular-Mikrometerschraube automatisch ein gleichförmiger und je nach der Deklination des Sterns verschiedner Antrieb gegeben werden kann. *Hammer.*

Über eine Vorrichtung zur Horizontallegung der Ziellinie eines Fernrohrs.

Von **F. Biske.** *Bull. astronomique* **21.** *S. 457. 1904.*

Eine Vorrichtung zur Horizontallegung der Ziellinie eines Fernrohrs (z. B. für unmittelbare Ablesung des Horizontpunktes an einem Vertikalkreis) ist von **Berget** in *Compt. rend.* **136.** *S. 883. 1903* angegeben worden; die von **Biske** erdachte scheint einfacher zu sein. Wie man mit Hülfe des Nadirhorizonts die Ziellinie eines Fernrohrs genau vertikal richten kann, so hätte man in einem genau ebenen Spiegel, der genügend scharf senkrecht gestellt werden könnte, das einfachste Mittel zur Horizontallegung der Ziellinie. Das Prinzip der Anordnung von **Biske** ist nun das, daß ein an zwei Ebenen reflektierter Lichtstrahl seiner Einfallsrichtung parallel bleibt, wenn die zwei reflektierenden Ebenen genau senkrecht aufeinander stehen. Es sei L die Objektivlinse, in deren Brennpunkt sich das Fadenkreuz N befindet, Q ein Quecksilberhorizont und S ein genau ebener Spiegel, dessen Neigung fein verändert werden kann. Ist S genau



senkrecht zu Q, so ist der Weg des zentralen Lichtstrahls *1* und eines dazu vor der Linse parallelen Lichtstrahls *2* der in der Figur durch ausgezogene Linien angedeutete; *1.1'*, *2,2'* sind alle parallel, und das Fadenkreuzbild fällt mit dem Fadenkreuz zusammen. Ist jedoch S nicht senkrecht zu Q, sondern in einer Lage S', die mit der Richtung S den Winkel α bildet, so sind zwar die doppelt reflektierten Strahlen *1''* und *2''* noch unter sich parallel, weichen aber von der Richtung *1,2* um den Winkel 2α ab und gehen also ein Fadenkreuzbild, das um 2α über oder unter dem Fadenkreuz selbst erscheint, wie in der Figur punktiert angedeutet ist. Richtet man also zuerst den Spiegel S so, daß das doppelt reflektierte Fadenkreuzbild mit dem Fadenkreuz scharf zusammenfällt, so ist S genau senkrecht zu Q, und die Genauigkeit dieser Senkrechtstellung ist doppelt so groß als die, mit der Fadenkreuzbild und Fadenkreuz zusammenfallen. Ist nun S richtig gestellt, so ist nach Autokollimation des Fadenkreuzes in dem Spiegel S die Fernrohrziellinie horizontal. Die Beleuchtung des Fadenkreuzes bei der Ausführung dieses Verfahrens muß kräftig sein. *Hammer.*

Fennels Prismen-Nivellierinstrument.

Von A. Fennel. *Zeitschr. f. Vermess.* **34.** *S. 460. 1905.*

Das Instrument (Fig. 1) ist ein „einfaches“ Nivellierinstrument, jedoch mit wesentlich verkürztem Fernrohr; die Verkürzung ist erreicht durch Einschaltung zweier Prismen zwischen Objektiv und Okular, wie Fig. 2 zeigt. Die äußere Form des Fernrohrs ist dadurch die eines Kästchens geworden. Der Vorteil der neuen Einrichtung ist der des kompendiösern Baus und damit des bequemern Transports; Gewicht von Instrument, Kasten und Stativ sind bei dem neuen Instrument im Vergleich mit einem gleichwertigen gewöhnlicher Bauart, dessen Brennweite ebensogroß ist (350 *mm*, 26-fache Vergrößerung), 2,1, 1,2 und 4,2 *kg*, zusammen 7,5 *kg*, beim neuen gegen 3,4, 2,9 und 5,5 *kg*, zusammen 11,8 *kg*, bei dem Instrument gewöhnlicher Bauart; das Gewicht ist also auf etwa $^2/_3$ reduziert. Noch größer ist die Raumersparnis beim Kasten des Instruments: bei dem alten Instrument hat dieser 15,8, beim neuen 5,1 *cdm* Inhalt.



Fig. 1.

Die Befestigung der Prismen soll so einfach und sicher sein, daß Störungen der Justierung ausgeschlossen sind. Ist es auch ganz unbedenklich, daß die Libelle *außerhalb* des Fernrohrkästchens *auf* dem metallenen Deckel dieses Kästchens sitzt?

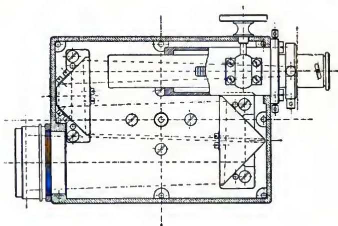


Fig. 2.

Als „*Reise*-Instrument“ wird, wo ein *größeres* Nivellierinstrument gebraucht wird, das neue Instrument sich gewiß rasch große Verbreitung verschaffen. Es ist von Otto Fennel Söhne in Kassel, Königstor, zu beziehen; Preis (mit Transportkasten und Stativ mit Klappbeinen) 280 M.

Hammer.

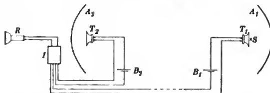
Die Geschwindigkeit des Schalls.

Von Th. C. Hebb. *Phys. Rev.* **19.** *S. 89. 1905.*

Der Verf. bespricht zunächst die verschiedenen bisher angewandten Methoden zur Bestimmung der Schallgeschwindigkeit und die bei ihrer Anwendung auftretenden Fehlerquellen. Er unterscheidet zu diesem Zwecke direkte und indirekte Bestimmungen. Bei der direkten Messung auf große Entfernungen ist es 1. ungewiß, ob in der Nähe der notwendigerweise außerordentlich kräftigen Schallquelle die Geschwindigkeit die gleiche ist wie an anderen Orten, 2. unmöglich, genaue Korrektionen für Wind, Temperatur und Feuchtigkeit anzubringen; ferner geht 3. die persönliche Gleichung des Beobachters oder eines Registrierapparates ein. Bei kleinen Entfernungen kommt nur der 3. Punkt in Frage; trotzdem sind aber hiernach nur wenige und nicht besonders genaue Messungen gemacht worden.

Nach der indirekten Methode bestimmt man die Wellenlänge in einem Rohre unter der Voraussetzung, daß die Beziehung der so bestimmten Wellenlänge zu der in freier Luft durch eine Formel von Kirchhoff dargestellt wird, was nach des Verf. Ansicht mit genügender Genauigkeit nur für sehr weite Röhren zutrifft.

Um von allen genannten Fehlerquellen frei zu sein, hat der Verf. auf Veranlassung von Michelson die folgende Methode ausgearbeitet und, wie es scheint, sehr genaue Messungen danach angestellt. In dem Brennpunkte S (siehe die Figur) eines auf 2 *mm* genau aus Gips gearbeiteten Hohlspiegels A_1 von 1,50 *m* Öffnung und 38 *cm* Brennweite befindet sich eine sehr konstante Schallquelle und in ihrer Nähe ein dosenförmiger Telephon-Transmitter T_1. Konachsial zu dem ersten Hohlspiegel ist ein gleich großer, zweiter A_2 auf Schienen beweglich aufgestellt. In seinem Brennpunkte befindet sich ein zweiter Transmitter T_2, und an seiner Rückseite ist ein kleiner Transformator I befestigt, dessen beide primäre Wickelungen je durch eine Batterie B_1 und B_2 mit einem der beiden Transmitter verbunden sind. Die sekundäre Wickelung führt zu einem als Empfänger dienenden Telephon.



Die Schallwellen gehen teils direkt von der Tonquelle zum Transmitter T_1, teils nach Reflexion an den beiden Spiegeln zum Transmitter T_2. Nach Gleichmachung der Wirkungen beider Transmitter auf den Empfänger werden diese sich beim Verschieben des zweiten Spiegels bald aufheben, bald verstärken, sodaß man durch Abhorchen der Minima die Wellenlänge bestimmen kann. Da die benutzte Schwingungszahl von über 2000 einen Bereich von über 100 Wellen zu messen gestattete und die Sicherheit der Einstellung etwa $^1/_{10}$ Wellenlänge betrug, so ließ sich eine Genauigkeit von 1 Promille erreichen.

Die Tonquelle bei S bestand aus einer etwa 2 *cm* weiten, gedeckten Pfeife, die aus einer Druckleitung mit dazwischen geschalteten Reservoiren gespeist wurde. Diese Anordnung ermöglichte es, die Tonhöhe auf 0,2 Promille konstant zu halten. Die Tonhöhe wurde mittels einer genau bekannten Stimmgabel eingestellt und außerdem noch durch stufenweise Vergleichung mit einer astronomischen Uhr gemessen. Diese Vergleichung geschah so, daß man den Ton der Pfeife mittels des kräftig gemachten Transmitters und gleichzeitig eine Stimmgabel von 512 Schwingungen ihre Wellen auf eine berußte Glasplatte aufzeichnen ließ, woraus sich das Verhältnis beider ergab. Die letztere Stimmgabel wurde dann in gleicher Weise mit einem Pendel und dieses wiederum durch längere unmittelbare Beobachtung mit einer astronomischen Uhr verglichen. Die Schwingungszahl der Pfeife wurde so bei den endgültigen Messungen zu 2376,5 gefunden. Anfangs arbeitete der Verf. mit etwa der halben Schwingungszahl; da sich aber bei so langen Wellen eine Abnahme der Wellenlänge um 4 Promille zeigte, wenn der Abstand der Spiegel von großer Nähe bis auf 50 Wellen er-

weitert wurde, so mußte er zu einer höheren Schwingungszahl übergehen, die dann auf alle Entfernungen und bei wechselnden atmosphärischen Bedingungen nach Reduktion auf trockene Luft und 0° eine Übereinstimmung auf ± 1 Promille ergab.

Die Beobachtungen wurden in einem Raume von 36 *m* Länge, 3 *m* Breite und etwa 4 *m* Höhe angestellt, in dem sechs geprüfte Thermometer verteilt waren, deren Ablesungen gemittelt wurden.

Als endgültiges Resultat der nicht sehr zahlreichen Beobachtungen ergibt sich für die Schallgeschwindigkeit in trockener Luft und bei 0° 331,29 *m*/Sek., während Röntgens Wert 331,8 und das Mittel der besseren älteren Bestimmungen 331,75 ist. *v. St.*

Verfahren zur Vergleichung von Dicken.

Von Mesnager. *Compt. rend.* **138.** *S. 76. 1904.*

Zur Messung von Dicken nach der Methode von Perot und Fabry benutzt man gewöhnlich eine schwach keilförmige, von zwei durchlässig versilberten Glasplatten begrenzte Luftplatte und beobachtet dann die durch Superposition der verschiedenen Luftschichten entstehenden Streifensysteme. Durch Verkleinerung des Keilwinkels läßt sich die Genauigkeit der Messungen erhöhen, allerdings nur bis zu einer gewissen Grenze, welche hauptsächlich durch die unvollkommene Planheit der beiden Silberflächen der Luftplatte bestimmt wird.

Eine Änderung der Dicke der Luftplatte um e verursacht einen Gangunterschied von $2e$. Der Verf. macht nun den Vorschlag, die erforderliche Phasendifferenz durch eine schwach keilförmige, parallel zur optischen Achse geschliffene Quarzplatte zwischen parallelen Nicols zu erzeugen. Der Dickenänderung e entspricht dann, wenn der ordentliche bezw. der außerordentliche Brechungsexponent des Quarzes mit n_o bezw. n_e bezeichnet wird, der Gangunterschied $e(n_e - n_o)$, also z. B. für den Strahl E

$$e(1{,}55636 - 1{,}54718) = 0{,}00918\,e,$$

d. i. 218-mal kleiner als der Gangunterschied $2e$ bei der Luftplatte. Dem entsprechend geringer ist daher der Einfluß der Fehler der Quarzflächen.

Ob sich der Vorschlag praktisch bewähren wird, müssen die Versuche, welche der Verf. in Aussicht stellt, erst lehren. Der Ref. steht diesem Vorschlage ziemlich skeptisch gegenüber, und zwar aus dem Grunde, weil Quarz von genügender Homogenität schwerlich zu beschaffen sein wird. *Schck.*

Vergleichende magnetische Untersuchungen mit den Eisenprüfapparaten von Epstein, Möllinger und Richter.

Von E. Gumlich und P. Rose. *Elektrotechn. Zeitschr.* **26.** *S. 403. 1905.*

Im Jahre 1899 regte Prof. Epstein auf der Jahresversammlung des Verbands deutscher Elektrotechniker in Hannover die Schaffung einer einheitlichen Methode für die magnetische Untersuchung des Dynamoblechs an, da die bisher üblichen Untersuchungsmethoden teilweise ganz unvergleichbare Werte lieferten. Die infolge dieser Anregung ins Leben gerufene Hysteresekommission, der auch die Physikalisch-Technische Reichsanstalt beitrat, führte zunächst mit dem von Epstein vorgeschlagenen, auf wattmetrischen Messungen beruhenden und bei der Firma Lahmeyer in Frankfurt a. M. bereits erprobten Eisenprüfapparat eine Anzahl von Versuchen bei verschiedenen Induktionen und Periodenzahlen aus, die theoretisch eine Trennung der gemessenen Verluste in Hysterese- und Wirbelstromverluste gestatteten. Da jedoch die Vergleichung der gefundenen Resultate unerwartet große Abweichungen zwischen den von den einzelnen Beobachtern bei den gleichen Probestücken gefundenen Werten für den Hysteresekoeffizienten η und den Wirbelstromkoeffizienten f, dagegen eine befriedigende Übereinstimmung für den Gesamtverlust ergaben, so einigte man sich zunächst dahin, den Gesamtverlust pro Kilogramm Eisen und

50 Perioden bei der Induktion $\mathfrak{B} = 10000$ und der Temperatur 30° unter dem Namen „Verlustziffer“ den Abnahmebedingungen zugrunde zu legen.

Kurze Zeit später wurden von den Hrn. Möllinger und Richter zwei weitere Apparate vorgeschlagen, von denen jeder besondere Vorteile zu bieten schien, und die deshalb ebenfalls in den Kreis der Untersuchung einbezogen wurden. In den Fig. 1 bis 3 sind die Apparate von Epstein, Möllinger und Richter wiedergegeben.

Der erstere besteht aus vier hinter einander geschalteten Magnetisierungsspulen, in welchen vier Pakete voneinander isolierter Blechstreifen von 3×50 *cm* im Gesamtgewicht von etwa 10 *kg* Platz finden. Durch vier an den Ecken angebrachte Holzbacken und Deckbretter, welche festgeklemmt und durch sanfte Hammerschläge angetrieben werden, sucht man einen möglichst guten magnetischen Schluß zu erzielen. Die Angabe eines an die Klemmen des Apparats angelegten Voltmeters gestattet die Herstellung der richtigen Induktion, ein in den Stromkreis eingeschaltetes Wattmeter gibt den Energieverbrauch durch Ummagnetisierung (vgl. weiter unten).

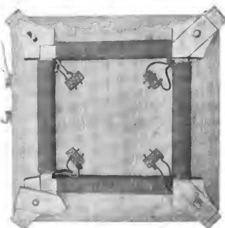


Fig. 1.

Beim Möllingerschen Apparat (Fig. 2) werden als Probeobjekte 10 *kg* ausgestanzter, voneinander isolierter Blechringe von etwa 32 *cm* äußerem und 22 *cm* innerem Durchmesser verwendet, es wird also jede Stoßfuge vermieden, aber relativ viel Material verbraucht. Um die zeitraubende jedesmalige Herstellung einer direkten Magnetisierungswickelung zu

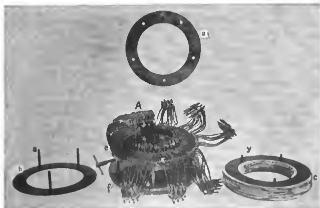


Fig. 2

umgehen, hat Möllinger ein kreisförmiges Solenoid von 100 Windungen aus dickem Kupferseil konstruiert, dessen einzelne Windungen unterbrochen und je mit einem Stöpselkontakt versehen sind. Je 10 Kontakte sind mittels einer Fiberplatte zu einem Ganzen vereinigt und können durch einen unter dem Apparat angebrachten Exzenter auf einmal gelöst

werden. Die zur Untersuchung gelangenden Ringe können also rasch umgetauscht werden; nach dem Einlegen des Ringes biegt man die Windungen wieder zu und vereinigt sie durch sanften Druck zu einer geschlossenen Magnetisierungswickelung.

Der Richtersche Apparat (Fig. 3) erlaubt, vier ganze Blechtafeln von 100 × 200 *cm* und 0,5 *cm* Dicke ohne jeden Verschnitt auf einmal zu messen, ist aber nicht eben bequem zu handhaben. Er besteht aus einer Trommel (vgl. auch das Referat in *dieser Zeitschr. 23. S. 225. 1903*), die 120 Magnetisierungswindungen aus dickem Kupferdraht trägt, zwischen welchen die zu einem Paket vereinigten Tafeln auf einmal eingeschoben werden. Die Enden der Blechtafeln werden über einander gelegt und durch zwei in Scharnieren drehbare Bretter festgeklemmt. Die Bildung dieser Stoßfuge kann in verschiedener Weise geschehen; am günstigsten, aber auch am umständlichsten ist diejenige Überlappungsart, bei welcher immer die beiden Enden eines und desselben Blechs über einander gelegt werden, sodaß also die gleichliegenden Enden der Bleche in die Lücken zwischen den anderen zu liegen kommen. Diese Überlappungsart kam bei den vorliegenden Messungen stets zur Verwendung.

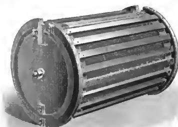


Fig. 3.

Die Bleche müssen nicht nur auf der einen Seite einen vollständigen isolierenden Papierüberzug erhalten, sondern auch an den Rändern durch Papiermanschetten gegen Berührung geschützt werden, da sonst Wirbelströme die Messungsergebnisse fälschen können.

Durch die vorliegenden Messungen sollte nun ermittelt werden, welche Genauigkeit bei der Benutzung der einzelnen Apparate erwartet werden darf. Als Vergleichsobjekt diente eine Anzahl aus dem gleichen Material gestanzter Ringe vom mittleren Durchmesser 39 *cm* und einer Breite von 5 *cm*, welche mit einer direkten Magnetisierungswickelung von rund 200 Windungen umgeben waren. Bei diesen Dimensionen war eine merkliche Fälschung des Resultats durch die Ungleichmäßigkeit der Magnetisierung, welche davon herrührt, daß am inneren Rande die Magnetisierungswindungen enger zusammen liegen als am äußeren, nicht mehr zu befürchten.

Die Meßanordnung ist in Fig. 4 dargestellt. In dem von der Maschine M ausgehenden Stromkreis befand sich außer der Magnetisierungsspule S noch das Amperemeter A und das Wattmeter W; an den Klemmen der Spule zweigte sich die Leitung nach dem Voltmeter V und der Spannungsspule des Wattmeters ab. Die bei bestimmter Tourenzahl notwendige Maschinenspannung wurde nur durch Erregung der Feldmagnete hervorgebracht, nicht durch Verschaltwiderstand, dessen Einführung beträchtliche Fehler verursachen kann.

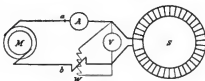


Fig. 4.

Die Angaben der einzelnen Instrumente waren noch entsprechend zu reduzieren. Beispielsweise ist in der Angabe des Wattmeters außer dem gesuchten Energieverbrauch im Eisenkern von S durch Ummagnetisierung und Wirbelströme auch derjenige im Voltmeter, in der Spannungsspule des Wattmeters und in der Kupferwickelung der Magnetisierungsspule enthalten, während die am Voltmeter abgelesene Spannung nicht nur von den im Eisen selbst pulsierenden Induktionslinien herrührt, sondern auch zum Teil von den im Luftraum zwischen Eisenkern und Wickelung pulsierenden Kraftlinien (Richterscher Apparat) und vom ohmschen Spannungsabfall in der Magnetisierungsspule. Berücksichtigt man dies, so läßt sich nach der Gleichung $E = 4\,q\,\mathfrak{B}\,n\,p\,\alpha \cdot 10^{-8}$ die von den Induktionslinien im Eisen herrührende effektive Spannung E stets so wählen, daß die Induktion $\mathfrak{B}$ einen bestimmten

Wert, im vorliegenden Falle 10 000, erhält. In dieser Gleichung bezeichnet q den Eisenquerschnitt, n die Windungszahl der Magnetisierungsspule, p die Periodenzahl des Wechselstroms und α den Formfaktor der Maschine, d. h. das Verhältnis des effektiven zum mittleren Wert der Spannung, welches durch Aufnahme von Spannungskurven oder nach der Methode von Rose und Kühns (*Elektrotechn. Zeitschr.* **24.** *S. 992. 1903*) ermittelt wurde.

Der Wattverlust im Eisen W_E hängt nun mit der Induktion $\mathfrak{B}$ und der Periodenzahl p zusammen durch die bekannte Formel $W_E = A\,[\eta p \mathfrak{B}^{1,6} + f p^2 \mathfrak{B}^2]$, worin A einen von den Dimensionen des Eisenkerns abhängigen Faktor, η den Steinmetzschen Hysteresekoeffizienten und f den Wirbelstromkoeffizienten bezeichnet. Dividiert man diese Gleichung durch p, so erhält man für ein bestimmtes $\mathfrak{B}$ die Gleichung einer geraden Linie

$$\frac{W_E}{p} = a + b \cdot p.$$

Wenn man also bei einer Anzahl verschiedener Perioden beobachtet, die im vorliegenden Falle zwischen 20 und 55 lagen, und die Periodenzahlen als Abszissen, die Werte W_E/p als Ordinaten aufträgt, so sollten die gefundenen Punkte auf einer geraden Linie liegen, welche auf der Ordinatenachse die der Ummagnetisierungsarbeit entsprechende Strecke $a = A\,\eta\,\mathfrak{B}^{1,6}$ abschneidet, während die Differenz zwischen diesem und dem jeweiligen bei der Periodenzahl p gemessenen Wert W_E/p den auf die Wirbelströme entfallenden Anteil an dem Energieverlust darstellt.

Dies ist nun nicht ohne weiteres der Fall, man erhält vielmehr meist eine schwach nach oben gekrümmte Kurve, denn einmal ist es schwer, die Periodenzahl der Maschine so zu regulieren, daß $\mathfrak{B}$ genau den gewünschten Wert erhält, und andrerseits hängt der Energieverbrauch durch die Wirbelströme vom Leitvermögen des Materials, also auch von dessen Temperatur ab. Bei länger dauernden Versuchen kann aber die Temperatur, welche im vorliegenden Falle mit Thermoelementen oder auch mit einem passend geformten Toluolthermometer bestimmt wurde, nicht unbeträchtlich ansteigen. Reduziert man aber die gemessenen Werte für den Wattverbrauch auf die richtige Induktion und eine bestimmte Temperatur, hier 30°, so liegen die Punkte W_E/p tatsächlich auf einer Geraden, und die Werte von η und f lassen sich dann in einfacher Weise berechnen.

Aus einer Diskussion der einzelnen Fehlerquellen, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann, ergibt sich allerdings, daß die zu erwartende Genauigkeit für die Werte η und f sehr viel geringer ist als für den Gesamtverlust, und dies erklärt auch die schon erwähnte Tatsache, daß die ersten Versuche der Hysteresekommission, die Werte für den Hysterese- und Wirbelstromverlust getrennt den Abnahmebedingungen für Dynamoblech zugrunde zu legen, nicht zum Ziele geführt haben.

Zu erwähnen ist hierbei noch, daß nicht die Größe des Hystereseverlustes, wohl aber diejenige des Wirbelstromverlustes von der Gestalt der Spannungskurve der verwendeten Maschine, also von dem Wert des Formfaktors α abhängt. Die vorliegenden Messungen sind alle auf den Formfaktor 1,11 einer sinusförmigen Spannungskurve reduziert.

Das zu den Messungen verwendete Material bestand aus fünf verschiedenen, in ihren magnetischen und elektrischen Eigenschaften möglichst abweichenden Blechsorten von 0,5 bezw. 0,4 *mm* Dicke. Es wurden zunächst je zweimal vier Tafeln im Richterschen Apparat untersucht und aus diesen dann die großen Vergleichsringe ausgestanzt und die Streifen für den Epsteinschen Apparat geschnitten, letztere zur Hälfte in, zur Hälfte senkrecht zur Walzrichtung. Die aus den großen Ringen herausfallenden zentralen Scheiben lieferten dann noch die Ringe für den Möllingerschen Apparat, die zum Vergleich ebenfalls noch mit einer direkten Wickelung versehen wurden.

Wenn nun auch bei diesem Vorgehen das für die verschiedenen Apparate verwendete Material als annähernd identisch betrachtet werden durfte, so sind doch die beobachteten Differenzen der einzelnen Messungsergebnisse nur zum Teil auf die Apparate, zum Teil aber auf die auch innerhalb der einzelnen Tafeln noch auftretenden Ungleichmäßigkeiten zurückzuführen. Im Mittel ergab sich folgendes Resultat:

Abweichungen vom großen Ring in %.

Apparat von	Epstein	Richter	Möllinger
η	+ 3,4	+ 1,5	− 2,6
f	− 3,1	+ 7,6	− 2,5
V	+ 0,7	+ 3,1	− 2,8

Hierin bedeutet V die oben definierte „Verlustziffer". Die Messungsergebnisse werden folgendermaßen zusammengefaßt:

1. Der Epsteinsche Apparat liefert den richtigen Wert für den Gesamtverlust bei 50 Perioden, also die richtige Verlustziffer, mißt jedoch den Hystereseverlust um etwa 3% zu hoch; dementsprechend ist der gemessene Wirbelstromverlust zu korrigieren.

2. Der Richtersche Apparat gibt den Hystereseverlust richtig an, den Gesamtverlust für 50 Perioden um etwa 3% zu hoch; dementsprechend ist ebenfalls der Wirbelstromverlust zu korrigieren.

3 Die Angaben des Möllingerschen Apparates sind identisch mit denjenigen des direkt bewickelten Ringes von gleichen Dimensionen. Wegen der Ungleichmäßigkeit der Magnetisierung empfiehlt sich ein Zuschlag von etwa 2% zur Verlustziffer, η und f. Im übrigen können geringfügige Änderungen des Dimensionsverhältnisses der im Möllingerschen Apparat untersuchten Ringe außer Betracht bleiben. *Glch.*

Neu erschienene Bücher.

Handbuch der Ingenieurwissenschaften. In 5 Tln. I. Tl.: Vorarbeiten, Erd-, Grund-, Straßen- u. Tunnelbau. Hrsg. v. Prof. L. v. Willmann. 1. Bd. Lex. 8°. Leipzig, W. Engelmann.
I, 1. L. Oberschulte u. H. Wegele, Vorarbeiten f. Eisenbahnen u. Straßen. Bauleitung. 4. verm. Aufl. XVIII, 567 S. m. 107 Textabbildgn., vollständ. Sachverzeichnis u. 8 lith. Taf. 1904. 20 M.; geb. 23 M.

Seit dem Erscheinen der 3. Aufl. dieses 1. Bandes des 1. Teils des umfassenden Handbuchs der Bauingenieurwissenschaften sind nur 6 Jahre verflossen. Auch der erste der im Titel genannten Bearbeiter, der an jener Auflage dieses Bandes den Hauptanteil hatte, ist seither gestorben; an dem hier allein zu besprechenden 1. Kapitel der Neuauflage haben außer ihm der Eisenbahnbau- und Betriebsinspektor Henkes in Magdeburg und Ingenieur Puller in St. Johann mitgewirkt (das für diese Zeitschrift nicht in Betracht kommende zweite Kapitel über Bauleitung ist von Prof. Wegele bearbeitet).

Das erste Kapitel, etwa ⅔ des Bandes umfassend, behandelt ungefähr denselben Gegenstand wie das hier bereits angezeigte Werk von d'Ocagne (*diese Zeitschr.* **25.** *S. 126. 1905*). Die wirtschaftliche Trassierung darf uns hier nicht interessieren, von der technischen nur die geodätischen Teile, bei denen es sich um Verwendung von Meßinstrumenten handelt. Bei den *allgemeinen* Vorarbeiten für Eisenbahnen sind dies die § 13 (Generelle Trassierung auf Grund vorhandener Karten), § 14 (Anfertigung von Schichtenplänen, durch trigonometrische und besonders barometrische Höhenmessung), § 15 (Phototopographische Geländeaufnahme); bei den *ausführlichen* Vorarbeiten für Eisenbahnen § 22 (Querprofile), § 23 (Tachymetrie), § 24 (Absteckungen), § 27 (Querschnittsflächen), § 30 und 31 (Stückmessung und Grunderwerbskosten).

In § 13 und § 14 werden mit Recht zur Anfertigung von Schichtenplänen, die für die allgemeine Trassierung ausreichen, vor allem die Aneroide empfohlen. Bei der trigonometrischen Höhenmessung (*S. 108*) ist es nicht so „leicht", mit kleinen Nonieninstrumenten, auf die man sich bei den hier in Betracht kommenden Messungen zweckmäßig beschränkt, im Höhenwinkel die „Genauigkeit von etwa ± 5″" zu erreichen; auch wäre es bei dieser

als „genügend" angesehenen Genauigkeit, der bei 1000, 2000, 3000, 4000 und 5000 *m* Zielweite erst Höhenfehler von $2\frac{1}{2}$, 5, $7\frac{1}{2}$, 10 und 12 *cm* entsprechen, nicht angezeigt, selbst bei nur 1000 *m* Zielweite den Betrag von Erdkrümmung und Refraktion zu vernachlässigen, der für diese Zielweite 8 *cm*, bei 2000, 3000, 4000 und 5000 *m* Zielweite aber 21 *cm*, 0,6 *m*, 1,1 *m*, 1,7 *m* ist. Gegen die Aneroidhöhen besteht, wie der Verf. mit Recht sagt, in Deutschland immer noch ein Vorurteil, das nur in den übertriebenen Ansprüchen an die Genauigkeit, die von solchen vorläufigen Messungen überhaupt zweckmäßig zu fordern ist, begründet ist. Von den Aneroidkonstruktionen werden die von Vidie (selbstverständlich unter dem Namen Vidi), Naudet und Bohne, Goldschmid und Usteri-Reinacher angeführt (ohne daß für die zuletzt genannten die wichtige Ableseregel, von der der Erfolg ihrer Anwendung zum großen Teil abhängt, angegeben wäre), von Messungsmethoden die der korrespondierenden Luftdruckablesungen und die Einschaltungsmethode, die sich bekanntlich kombinieren lassen. Die Untersuchung der Aneroide wird genügend ausführlich vorgetragen. In der barometrischen Höhenformel dürfte der Gaußsche Wert der Hauptkoeffizienten durch 18400 ersetzt sein. Die Schederschen Tafeln der barometrischen Höhenstufen geben die Höhenunterschiede etwas zu klein; am bequemsten ist die Höhenstufenrechnung stets mit Hilfe des Rechenschiebers, an dem selbst die Einstellung der Höhenstufen nach $\frac{1}{2}(b_1 + b_2)$ und $\frac{1}{2}(t_1 + t_2)$ zu machen und die Multiplikation mit $(b_1 - b_2)$ auszuführen ist (Keppe, Bischoff, Hammer). Besonders auch für Einschaltungen leistet der Rechenschieber das Beste; die graphischen Verfahren, z. B. von Steinach, die den Rechenschieber „überholt" haben sollen, sind nicht kürzer, sondern unbequemer.

Bei der Planreduktion (*S. 128*) sollte die Erwähnung der neueren Hängepantographen von (Goldschmid-)Coradi nicht fehlen.

Die Photogrammetrie ist in § 15 und § 16 kurz erläutert, wobei bereits der Stereokomparator von Pulfrich, allerdings ohne jede Anleitung zur Benutzung, erwähnt ist.

Bei den ausführlichen Vorarbeiten für Eisenbahnen (von § 22 an) wird mit Recht empfohlen, im Hügelland oder gar Gebirgsland nie auf Grund der nach der allgemeinen Trassierung festgestellten und aufs Feld übertragenen Bahnachse die endgültige Linienfeststellung machen zu wollen, sondern die Bahnachse stets in einem nunmehr genügend *genauen* Schichtenplan festzulegen und dann erst aufs Feld zu übertragen.

Im Polygonzug werden die Seitenlängen am besten mit 5 *m*-Latten gemessen, wobei man aber zur Feststellung der Lattenlänge keines „Urmaßstabs" (*S. 234*), sondern nur eines Gebrauchsnormalmeters (als Präzisionsmaß bei bestimmter Temperatur t_0 um nicht über $\frac{1}{25}$ *mm* vom Sollwert abweichend) bedarf.

Bei der Nivellierung der Achse fehlen Angaben über die erforderliche Genauigkeit (II. O.) und den hiernach zweckmäßigen Nivellierapparat. Bei der Aufnahme der Querprofile sind als Hülfsmittel kleines Nivellierinstrument, Setzlatte und besonders Meydenbauers Pendelspiegel genannt; es dürften wohl auch, bei gleichmäßigem starken Quergefälle, die Messung von Höhenwinkeln und schiefen Entfernungen, bei unregelmäßigem Querprofil die tachymetrische Methode genannt sein. Bei der Einschaltung der Höhenlinien zwischen die gemessenen Höhenpunkte, *S. 239*, ist von den zahlreichen kleinen Instrumenten und Verfahren, die dafür erdacht worden sind, nur eines erwähnt; mit Recht wird aber die von Jordan empfohlene Zeichnung von Querprofilen nach der Kotierung des Plans als viel zu zeitraubend verworfen.

Die Tachymetrie ist im § 23 ausführlich behandelt, doch fehlt auch, besonders bei den Instrumenten und Hülfsmitteln zur Ausarbeitung, viel Neues. Der Tachymeterquadrant von Puller wäre besser durch den neuen Puller-Breithauptschen Projektionsapparat ersetzt. Von neuen Tachymeterkonstruktionen werden die Wagner-Fennelschen Instrumente, die Puller-Breithauptschen Schnellmesser I und II (über die hier berichtet worden ist) und der Hammer-Fennelsche Tachymetertheodolit wenigstens aufgezählt (das zuletzt genannte Instrument zu den „Schiebetachymetern" zu stellen wird aber nicht angehen, denn es soll eben das „Schieben" vermeiden). Die Meßtisch-Tachymetrie wird, ohne Verführung

einzelner Instrumente (von den Pullerschen abgesehen), nur kurz erwähnt, und es werden ihre bekannten Nachteile, aber nicht der in den Augen ihrer Anhänger besonders wichtige Vorzug angeführt.

Die Bogenabsteckung in § 24 ist wohl nicht vollständig genug behandelt. Wenn, § 27, Querprofilflächen mit dem Polarplanimeter berechnet werden, wird man meist schon von selbst, infolge der Form der zu berechnenden Flächen, nicht in die „Gefahr“ kommen, den Fall Pol innerhalb der Fläche anzuwenden; übrigens wäre bei *großen* Flächen die Warnung vor diesem Fall, auch im Sinn der Vermeidung eines Genauigkeitsverlustes, nicht angezeigt.

In § 30 und § 31, Stückvermessung und Grunderwerbskosten, wäre an den angegebenen Messungsverfahren allerhand zu beanstanden (Winkelmessung *S. 271 u. 272*; Fehlergrenzen für Polygone *S. 274*: $1^1/_2'$ für einen Winkel „*oder* $n \cdot 1^1/_2'$ für deren Summe“; manches bei der Berechnung der Grundstücksflächen); doch ist hieran die Instrumentenkunde kaum mehr beteiligt. *Hammer.*

S. Stampfer, Sechsstellige logarithmisch-trigonometrische Tafeln, nebst Hülfstafeln, einem Anhange und einer Anweisung zum Gebrauche der Tafeln. 20. Aufl. Neu bearbeitet von Prof. E. Doležal. Ausgabe für Praktiker. gr. 8°. XXXIV, 339 S. Wien, C. Gerolds Sohn 1904. Geb. 7 M.

Die Stampferschen Logarithmentafeln, besonders in Österreich weit verbreitet, wurden zuletzt 1865 von Herr fachmännisch revidiert; die seitherigen Auflagen bis zur 19. sind Abdrücke von den damals hergestellten Stereotypplatten. Der Bearbeiter der 20. Auflage hat ziemlich durchgreifende Änderungen vorgenommen, insbesondere auch in der hier vorliegenden „Ausgabe für Praktiker“ eine umfangreiche mathematische Formelsammlung (aus Algebra, Geometrie, Stereometrie, Trigonometrie, analytischer Geometrie, Analysis), mathematische Konstanten und Zahlentafeln, Formeln, Daten und Tabellen aus Geodäsie, Astronomie, Meteorologie, Physik und Chemie, endlich Notizen über Maß- und Gewichtsvergleichung hinzugefügt. Das Werk, das z. B. auch die natürlichen trigonometrischen Zahlen 6-stellig, allerdings nur mit dem Intervall 1′ des Arguments enthält, wird sich vielfach als brauchbar zeigen, wenn auch bei 6-stelligen Logarithmen der natürlichen Zahlen das 5-ziffrige (statt wie hier nur 4-ziffrige) Argument und bei den 6-ziffrigen Logarithmen der trigonometrischen Zahlen das Intervall 10″ (gegen 1′ hier in der Haupttafel, mit Angabe der Diff. für 1″), wie es die Bremiker-Albrechtschen Tafeln zeigen, den meisten Rechnern etwas bequemer vorkommen wird. Jedenfalls stellt aber, wie schon angedeutet, die erneuerte Stampfersche Tafel, besonders in dieser „Ausgabe für Praktiker“, eine willkommene Bereicherung unserer Tafel-Literatur vor. Auf Korrektheit aller Zahlen scheint die notwendige Sorgfalt verwendet zu sein. *Hammer.*

W. Neimann, Grundriß der Chemie. 8°. XX, 401 S. Berlin, A. Hirschwald 1905. 7 M.

Wissenschaft, Die. Sammlung naturwissenschaftl. u. mathemat. Monographien. 8°. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn.

7. Heft. H. Baumhauer, Die neuere Entwickelung der Kristallographie. VIII, 184 S. m. 46 eingedr. Abbildgn. 1905. 4 M.; geb. in Leinw. 4,60 M.

P. Janet, *Leçons d'Electrotechnique générale, professées à l'Ecole supérieure d'électricité.* 2., durchgesehene u. vermehrte Auflage. Bd. II: *Courants alternatifs sinusoïdaux et non sinusoïdaux; alternateurs; transformateurs.* gr. 8°. 309 S. m. 156 Fig. 9 M.

Das vollständige Werk, 2 Bde., 381 u. 309 S. m. 321 Fig. 1904—1905. 18 M.

E. C. C. Baly, *Spectroscopy.* 8°. 580 S. m. 168 Illustr. London 1905. Geb. in Leinw. 10,80 M.

Handbuch der Physik. 2. Aufl. Hrsg. v. Prof. Dr. A. Winkelmann. Lex. 8°. Leipzig, J. A. Barth.

IV. Bd. 2. Hälfte. Elektrizität u. Magnetismus. Mit 282 Abbildgn. 2. Hälfte. XIV u. S. 385—1014. 1905. 20 M. — IV. Bd. vollständig: 32 M.; geb. 34 M.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Kuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied, Dr. **H. Krüss**, Dr. **S. Czapski**.

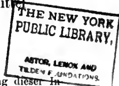
Redaktion: Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XXV. Jahrgang. **November 1905.** Elftes Heft.

Über perspektivische Darstellungen und die Hülfsmittel zu ihrem Verständnis.

Von
M. von Rohr in Jena.

(Fortsetzung von S. 305.)



In der nun folgenden Zeit ist ein Fortschritt in der Verbesserung dieser Instrumente allem Anscheine nach nicht gemacht worden; er hätte wohl auch nur darin liegen können, daß man versucht hätte, die Bildqualität der Betrachtungslinse zu erhöhen, doch verlautet von einer bewußten Anwendung etwa der periskopischen Brillengläser W. H. Wollastons zu diesem Zwecke nichts. Allerdings sind die Berichte aus der der französischen Revolution unmittelbar folgenden Zeit an und für sich ziemlich dürftig.

Höchstens kann man ein Mittel zur Erhöhung der Illusion hierher rechnen, das anscheinend zuerst von L. J. Daguerre in seinem „Diorama“ wenn nicht erfunden, so doch weiteren Kreisen nahe gebracht wurde. Es bestand in der Einführung eines ganz oder teilweise transparenten Bildgrundes, der bei auf- und bei durchfallendem Lichte sehr mannigfache Wirkungen zu erreichen gestattete. Solche Darstellungen wurden in England auch unter dem Namen „Cosmorama“ beschrieben. Sonst wurden die überkommenen Einrichtungen weitergeführt; doch liefert das vorliegende Material nur Anhaltspunkte zu der betrübenden Annahme, daß die namentlich von J. H. Lambert gegebene Theorie entweder überhaupt nicht weit bekannt wurde oder mindestens rasch in Vergessenheit geriet. So wurden nach der Erfindung der Photographie einzelne seiner Ableitungen von neuem gemacht und auch als neue Erfindungen und Entdeckungen angesehen.

Diese Annahme wird gut bestätigt durch den Vortrag des Geheimen Oberbaurats P. L. Simon (**1.**). Es ergibt sich daraus ein guter Einblick in die Irrtümer, denen die Benutzer jener Zeichenhülfen ausgesetzt waren, weil sie sich die Lehren der Perspektive nicht zu eigen oder die Wirkung ihrer Instrumente nicht klar gemacht hatten. Nach der Simonschen Darstellung war damals aus Frankreich ein Fehler eingewandert, auf den bis in die neueste Zeit nachdenkliche Amateure der verschiedensten Länder aus eigener Kraft verfallen sind. Man stehe der Mitte eines langgestreckten Gebäudes gerade gegenüber und beabsichtige, eine gerade Frontansicht zu entwerfen, dann müssen doch wohl die senkrechten Endkanten der gleichmäßig hohen Fassade, da sie vom Zeichner zweifellos weiter entfernt sind, kleiner gezeichnet werden als die Mitte. Die Richtigkeit dieser Überlegung schien durch die Resultate gesichert zu werden, die man mit den verschiedenen Zeichenhülfen erhielt; doch beruhte diese befriedigende Übereinstimmung auf einer falschen Benutzung jener Zeicheninstrumente.

P. L. Simon widerlegte den Fehlschluß durch den Hinweis auf die ähnlichen Dreiecke, denn bei der Betrachtung der ebenen perspektivischen Zeichnung aus dem richtigen Gesichtspunkte sind die Ecken ja auch weiter von dem betrachtenden Auge entfernt als die Mitte der Zeichnung.

Die mißbräuchliche Benutzung des Instruments war wohl durch das geringe Gesichtsfeld verursacht worden, das allen diesen Zeichenhülfen eigen war. Der Zeichner half sich dann damit, daß er seine *Camera* um einen gewissen Winkel drehte und nachträglich die so erhaltenen Bilder zusammenstellte. Solche Blätter sind durchaus richtige Perspektiven, nur dürfen sie für die Betrachtung nicht in eine und dieselbe Ebene ausgebreitet werden, oder mit P. L. Simons (1. *S. 75*) Worten:

„Auf diese Weise wird ein Gebäude, worauf die *Camera obscura* zuerst in der „Mitte und damit parallel gerichtet ist, in drei Abtheilungen der Länge nach auf„genommen, bei der Zusammenstellung der einzelnen Blätter ein Bild darstellen, „worin die Höhe an den Ecken kleiner als in der Mitte ist. Man sieht aber nicht, „daß man es hier mit verschiedenen Bildern zu tun hat, die zwar einen gemein„schaftlichen Gesichtspunkt, aber verschiedene Stellungen gegen das Auge erhalten."

Das gleiche galt von hohen, aus der Nähe gezeichneten Türmen, für deren Aufnahme man der *Camera* nacheinander verschiedene Neigungen erteilt hatte, sodaß sie als abgestumpfte Pyramiden erschienen.

Die Photographie war für die Perspektive auch insofern von großer Bedeutung, als nun eine Möglichkeit vorlag, Zentralprojektionen von beliebigen Objekten auf schnelle und billige Weise zu erhalten. Für die Anforderungen der ersten Zeit der photographischen Verfahren genügten die verhältnismäßig kleinen Bildwinkel vollständig, die die beiden vornehmlich benutzten Objektivtypen, das Petzvalsche Porträtobjektiv und die französische Landschaftslinse, hergaben, da man ja durch die alten Zeichenhülfen in dieser Richtung nicht verwöhnt worden war.

Die Ausübung der photographischen Verfahren wurde sehr bald gewerbsmäßig betrieben, namentlich die Aufnahme von Porträts, sodaß die in England zu jener Zeit gepflegte Miniaturmalerei, soweit es sich nicht um Künstler von hohem Range handelte, zugrunde ging. Die Vorbildung der neuen Porträtisten lag, wie das ganz verständlich ist, im wesentlichen auf chemischem Gebiete, und man kann aus den schon in den ältesten Preisverzeichnissen enthaltenen Warnungen der Objektivfabrikanten vor gar zu kurzen Aufnahmeabständen ganz ausreichende Schlüsse auf die Höhe des Verständnisses tun, mit dem die Photographen den perspektivischen Verhältnissen entgegentraten. Daß es sich bei photographischen Aufnahmen um eine perspektivische Darstellung handele, war zwar wie ein Dogma verbreitet, aber diese Ansicht scheint, wenn für Ungläubige überhaupt eine Begründung gegeben wurde, auf die Gaußische Lehre von der Abbildung durch Linsensysteme gestützt worden zu sein. Man zog vielfach die Knotenpunktseigenschaft der Hauptpunkte heran und hat sich in England auch wohl auf die schematische Annahme eines optischen Zentrums gestützt, während doch offenbar hier, wo so gut wie stets Objekte mit endlicher Tiefenausdehnung auf einer Fläche dargestellt werden sollen, die Blendenwirkung durchaus zur Grundlage des Projektionsvorganges gemacht werden muß.

Auf dem Kontinent geschah anscheinend gar nichts, um eine auf die eigentlichen Ursachen zurückgehende Erläuterung zu geben; J. Petzval, der, soweit man nach gelegentlichen Äußerungen urteilen kann, wohl der Mann dazu gewesen wäre, verließ nach seiner glänzenden Leistung im Anfange der Entwicklung zunächst das Gebiet photographischer Studien vollständig, und auf dem Kontinent haben anscheinend

andere Gelehrte mit optischer Schulung in der ersten Zeit der Photographie an der Ausbildung der photographischen Verfahren keinen Anteil genommen. Da war es ganz ausschließlich das englische Sprachgebiet, wo das Interesse an den hier besprochenen Problemen erwachte. Dort lagen die Bedingungen auch insofern viel günstiger, als eine Reihe von befähigten und unterrichteten Männern schon sehr früh, dem Beispiele F. Talbots folgend, zur Photographie als zu einer Beschäftigung in den Mußestunden griff. Hier in dem englischen Amateur bildete sich ein würdiges Gegenstück zu dem Kenner von Gemälden im achtzehnten Jahrhundert aus, ja er war diesem insofern noch überlegen, als er sein Lieblingsfach stets selbst ausübte, und als er sich mit Gleichstrebenden zu lebensfähigen Arbeitsvereinen zusammenschloß.

Leider sind Berichte über die ersten Stadien dieser Entwicklung bei dem Mangel einer Fachpresse nicht erhalten, und nur gelegentlich, wie beispielsweise bei G. Cundell (1.), finden sich Äußerungen über die Bedingungen, deren Einhaltung einen naturgetreuen Eindruck gewährleiste. Er scheint danach ungefähr auf dem Standpunkte J. H. Lamberts gestanden zu haben, wenn er empfahl, die Brennweite des Aufnahmeobjektivs der deutlichen Sehweite entsprechend zu wählen. Lebhaftes Interesse gerade an diesen Fragen zeigte auch der allgemein bewunderte Physiker Sir David Brewster, der durch seine Studien auf dem Gebiete der Optik und der Physiologie der Gesichtswahrnehmungen dazu besonders geeignet erschien. Er wies 1856 (**2.** *S. 44—46*) auf die außerordentlich lebhafte Illusion hin, die man empfindet, wenn man ein Photogramm bekannter Objekte einäugig betrachtet; sie erschien ihm so bemerkenswert, daß er dafür einen besonderen Namen „*monocular relief*“ vorschlug. Leider war aber die Zeit, in der er lebte, nicht sehr geeignet, ihn zu weiterem Forschen auf diesem Gebiete anzuregen, denn in der Regel wurden damals Objektive von langer Brennweite verwandt, die eine Betrachtung aus dem richtigen oder doch aus keinem wesentlich falschen Standpunkte ermöglichten. Dagegen zogen die gewaltigen Linsendurchmesser (von 7,5 bis 10, ja 13 *cm*), wie sie bei den Porträtobjektiven damals vielfach vorkamen, sein Interesse auf sich, sodaß er (1.) den damit erzielten Aufnahmen Unnatur vorwarf. Ein störender Einfluß großer Linsendurchmesser läßt sich auch in der Tat dann nachweisen, wenn ein größere Niveaudifferenzen zeigendes, gut bekanntes Objekt mit solchen Systemen aus einem ziemlich kurzen Abstande aufgenommen wird, ein Fall, der wirklich bei diesen Porträtaufnahmen vorkam. Doch stören diese Abweichungen im allgemeinen weniger als die Einhaltung eines unrichtigen Gesichtspunkts.

Ein anziehendes Bild von der Mitteilsamkeit, wie sie in der klassischen Zeit der photographischen Vereine Englands geübt wurde, zeigen die Ausführungen J. Taylors (1.) und seiner Freunde aus dem Anfange der sechziger Jahre. Er hatte die Ideen des Dioramas in sehr vollkommener Weise auf Diapositive angewandt und große Bilder (von 30 : 35 *cm*) durch schwache Linsen ($^1/_2$ D) von bedeutendem Durchmesser (11 *cm*) zweiäugig betrachten lassen, war also in der von J. Bischoff (s. oben *S. 303*) vorgeschlagenen Weise vorgegangen. Die Diorameneffekte wirkten auf das englische Publikum sehr stark und nachhaltig, was man auch aus den bis in die neueste Zeit fortgesetzten, unzählige Male patentierten Vorschlägen für solche Dioramenwirkungen schließen kann. Sie sind wohl kaum wieder in der von J. Taylor damals erreichten Vollkommenheit verwirklicht worden, weil der späteren Zeit die begeisterte Hingebung fehlte, mit der J. Taylor seine Diapositive ansah und behandelte.

Aus einer etwas späteren Zeit stammt eine kleine Bemerkung von dem Porträtphotographen J. Werge (1.). Er machte darin auf die Notwendigkeit aufmerksam,

bei der Verwendung eines perspektivischen Hintergrundes auf seine Größenverhältnisse zu den anfzunehmenden Personen sowie darauf zu achten, daß der Horizont der Hintergrunddarstellung in der Höhe der Kameralinse angebracht sei, weil sonst das Photogramm keinen einheitlichen Horizont habe und unharmonisch wirken müsse.

Größeres Interesse für perspektivische Probleme stellte sich namentlich da in weiteren Kreisen ein, als bei dem Auftreten der Weitwinkelsysteme auch größere Winkel auf verhältnismäßig kleinen Platten umfaßt wurden. Diese Systeme erfüllten, da sie orthoskopisch waren, noch eine weitere wichtige Forderung. Es hatten zwar J. T. Goddard (1.) und R. H. Bow (3.) gelehrt, durch zweckmäßige Verwendung der verzeichnenden Landschaftslinse im umgekehrten Strahlengange, sei es für das durch die Linse hindurch betrachtete Bild, sei es für die Projektion auf einen Schirm, auch von verzeichnenden Linsen eine richtige Perspektive zu erhalten. Aber diesen Methoden mangelte mehr oder minder die Einfachheit, und eine dem großen Publikum verständliche, an die Behandlung der perspektivischen Zeichnungen sich anlehnende Darstellung der photographischen Perspektive konnte nur in dem Falle gegeben werden, wenn die Annahme berechtigt war, das in der Kamera gewonnene Bild lasse sich auch ohne Zwischenschaltung der Aufnahmelinse in eine zu den aufgenommenen Objekten perspektivische Lage bringen.

Als nun durch die vereinten Bemühungen von Amateuren und Optikern des englischen Sprachgebiets die Weitwinkelsysteme entwickelt worden waren, mußte sich unweigerlich die Frage einstellen, ob diese von der Perspektive bekannter Gemälde abweichenden Darstellungen denn auch richtig seien. Hier interessiert hauptsächlich die Zeit um die Mitte der sechziger Jahre, weil damals erst die im Anfange des Jahrzehnts erfundenen Weitwinkelobjektive in weiteren Kreisen benutzt wurden. Vergegenwärtigt man sich, daß Weitwinkelobjektive von kurzer Brennweite benutzt werden mußten, um auf dem gewöhnlichen Plattenformat einen großen Bildwinkel zu erzielen, so sieht man leicht ein, daß besondere Schwierigkeiten für das Verständnis ihrer Perspektive vorlagen. Ein hier nicht weiter interessierender Umstand führte den amerikanischen Privatgelehrten M. Carey Lea (1.) zur Beschäftigung mit diesen Fragen. Er arbeitete auf dem photographischen Gebiete eigentlich als Chemiker, aber er hatte sich auch Interesse für optische Fragen bewahrt. Mit dem vorliegenden Problem kam er nicht gut zurecht. Daß sich bei einer geometrisch ähnlichen Verkleinerung einer perspektivischen Darstellung irgend eine Änderung in dem durch sie vermittelten Eindrucke einstelle, war ihm und andern guten Beobachtern nicht entgangen. Doch wurde diese nicht in der größeren Schwierigkeit, wenn nicht Unmöglichkeit gesucht, das verkleinerte Bild aus dem richtigen Gesichtspunkte zu betrachten, sondern es findet sich hier von solchen nachdenklichen Amateuren ein einfach abweisender Ausspruch J. Ruskins zitiert, der in der Tat der Beobachtungsgabe dieses Kunstverständigen ein hohes Zeugnis ausstellt: „*The conclusion is one of great practical importance that though pictures may be enlarged they cannot be reduced in copying them. All attempts to engrave pictures on a reduced scale are, for this reason, nugatory . . . . . Good painting, like nature's own work, is infinite and unreducible.*“

Wenn M. Carey Lea derselben Autorität folgend die Brennweite so lang wählen wollte, daß sich keine zu großen Bildwinkel ergeben, so ist das mehr ein Ausweichen vor dieser Frage als ihre Lösung, und die Verquickung der Verzeichnungsfehler der Landschaftslinse mit der eigentümlichen Erscheinungsform der Weitwinkelperspektive läßt auch auf keine große Klarheit schließen. Am schlimmsten wurde sein Mißgriff, als er (2.) die an der Kamera gewonnene Erkenntnis unmittelbar auf die Augen an-

wandte. Ohne daran zu denken, daß die Gesichtswahrnehmungen zwar durch das Bild auf der Netzhaut vermittelt werden, daß aber keineswegs beim Sehvorgange dieses Bild betrachtet wird, kam er zu der geradezu grotesken Annahme, die Perspektive eines körperlichen Objekts sei nach der Brennweite des betrachtenden Auges verschieden. Auf das anscheinend einzige Mittel, eine Weitwinkelaufnahme nicht gar zu kleinen Maßstabes ohne weiteres richtig zu betrachten, ist nach der durchgesehenen Literatur niemand gekommen. Dieses Mittel besteht darin, in den Gesichtspunkt der Aufnahme eine verhältnismäßig enge Blende zu setzen und durch sie wie durch ein Schlüsselloch das Photogramm zu betrachten. Die hierdurch bestimmte Verbindung von Kopfbewegungen und Augendrehungen ermöglicht es, auch ganz seitlich gelegene Teile einer Weitwinkelaufnahme richtig aufzufassen.

Die eigentümliche Folgerung M. Carey Leas erfuhr durch den Zeichenlehrer J. M. eine sachliche Widerlegung, und es kam nun die Zeit, wo man auch in Deutschland von einem gemeinsamen Arbeiten mindestens einiger Fachleute auf diesem Gebiete sprechen kann. H. W. Vogel (1.) hatte ein gewisses Interesse an diesen Fragen, aber leider war auch dieser für die Entwicklung der Photographie in Deutschland nach Stellung und Leistung wichtige Mann in erster Linie Chemiker, und seine Bekanntschaft mit der Perspektive war sehr gering. So kommt es denn, daß man neben hübschen und feinen Beobachtungen auch ganz mißlungene Erklärungsversuche findet. Er wies sehr richtig darauf hin, daß man zur Erzielung eines naturwahren Eindruckes bei der Aufnahme einen Gang der Hauptstrahlen hervorbringen müsse, wie er der gewohnten Betrachtung des Gegenstandes entspreche. Daraus folgte ihm, daß bei einer Porträtaufnahme in Lebensgröße der Objektabstand viel größer gewählt werden müsse als der für die naturgroße Wiedergabe eines Bechers geltende, weil man eben solche kleinen Gegenstände aus einer verhältnismäßig kurzen Entfernung zu betrachten pflege. Dagegen erschien ihm die Verbreiterung der Bilder seitlich gelegener Objekte als ein perspektivischer Fehler, während doch schon J. H. Lambert (3. 2. Tl. *S. 85*) der zufällig eben das Vogelsche Paradoxon elliptischer Kugelbilder behandelt hat, darauf hingewiesen hatte, daß diese seitlichen Bilder elliptisch sein müßten, wenn ein richtig gehaltenes Auge den scheinbaren Umriß als kreisförmig erkennen solle.

In dem Berliner photographischen Vereine entwickelte sich um die Zeit des Ausganges der sechziger Jahre ein recht reges Leben, an dem auch H. W. Vogel Anteil nahm. Er (2.) gab die Erklärung einer optischen Täuschung und wies darauf hin, daß man bei Porträtaufnahmen die Wirkung der Umrahmung berücksichtigen müsse. So erscheine auf einem Kopfstücke kleinen Formats (einer Visitenkarte) der Kopf, weil wenig Raum zwischen ihm und dem Rahmen bliebe, breiter als der Kopf eines Kniestückes (einer Kabinettaufnahme), wo links und rechts große Zwischenräume bis zum Bildrande vorhanden seien. Von der Persönlichkeit anderer Vereinsmitglieder läßt sich aus den kurzen Berichten nicht immer ein ganz deutliches Bild gewinnen; am bedauerlichsten ist das für die Erscheinung des auf so vielen andern Gebieten rühmlich bekannten W. Zenker. Auf einer im Dezember 1871 in Berlin eröffneten Rahmenausstellung äußerte er (1.) sich über den in der Verschiedenheit der Helligkeitswerte liegenden Anreiz zur Differenzierung des Abstandes und wies ganz in dem Sinne H. W. Doves darauf hin, daß eine weiße Färbung des das Photogramm umgebenden Kartons diesen näher erscheinen lasse, während das dunklere Bild mehr und mehr nach hinten wie von einer Fensteröffnung zurücktrete, und das sei ihm das Richtige. Bei einem dunklen Karton erschienen leicht die hellsten Teile des Bildes als vorspringende Erhöhungen. Es sind das sicherlich sorgfältige Beob-

achtungen, und sie können unter Umständen wohl dazu benutzt werden, die Illusion eines Photogramms zu erhöhen.

Die zahlreichen Bestrebungen, von der photographischen Aufnahme zunächst mittleren, dann auch kleinen Formats einen naturgetreuen Eindruck zu gewinnen, lassen sich in Gruppen zusammenfassen; und zwar seien hier zuerst behandelt die Hülfsmittel zur Erzielung eines virtuellen Bildes richtiger scheinbarer Größe für die einäugige Betrachtung.

Die Beobachtung eines transparenten Bildes gegen einen hellen Hintergrund durch die Aufnahmelinse hindurch scheint zuerst einen Eindruck auf den zufälligen Beschauer gemacht zu haben. So beschrieb Th. Sutton (1. u. 2.) bereits gegen Ende des Jahres 1856 den überraschend naturgetreuen Eindruck, den er bei einer solchen Anordnung erhalten hatte. Er schlug bald darauf sein „Diaphanoskop"[1]), einen Betrachtungsapparat für Photogramme, vor (3.), der mit und ohne Betrachtungslinsen gebraucht werden konnte. Doch legte er anscheinend kein besonderes Gewicht auf die Identität der Aufnahme- und Betrachtungsbrennweiten, sowie er auch den Beobachtungslinsen, einfachen Brillengläsern, etwas große Bildwinkel zumutete. Auf die Bedeutung eines fensterartigen Ausschnittes zwischen Bild und Linse wies er ebenfalls nachdrücklich hin.

Th. Suttons (4.) Name wurde noch einige Jahre später, 1864, bei einer hierher gehörigen Beobachtung erwähnt: auf der Ausstellung einer Londoner photographischen Gesellschaft befanden sich einige photographische Negative, die mit einer Suttonschen *panoramic lens* von etwa 13 *cm* Brennweite aufgenommen worden waren und einen vollständigen Kegelwinkel von 110 Grad Öffnung umfaßten. Der Konstruktion des Objektivs entsprechend waren diese Negative auf sehr tiefen Kugelschalen aufgenommen worden.

Eine ungewöhnliche Form der Projektionsfläche ist an und für sich für das Zustandekommen der Illusion günstig. Denn, wie schon Ch. Wheatstone (1. *S. 381*) 1838 hervorgehoben hat, denkt ein im richtigen Abstande vorausgesetzter Beschauer dabei eher an den Gegenstand als an die ihm ungewohnte Darstellungsform auf einer solchen Fläche. So schienen Ch. Wheatstone Projektionen von tiefer liegenden Gebäuden, wobei die Zeichenebene nicht vertikal, sondern horizontal war, richtig betrachtet eine Täuschung hervorzurufen, die an Lebhaftigkeit dem stereoskopischen Eindrucke nahe stand.

Fast mit denselben Worten wurde hier von einem aufmerksamen Beobachter Martin die überraschende Täuschung beschrieben, die sich ihm dann ergab, wenn er jene Schalennegative möglichst aus dem Kugelmittelpunkte einäugig betrachtete. Der Effekt erschien ihm „sehr entschieden stereoskopisch". Es mag darauf hingewiesen werden, daß diese Täuschung in der Tat ungemein lebhaft gewesen sein muß, da sie zustande kam gegen die Lichtverteilung auf dem Negativ, die durch ihre Umkehrung der Helligkeitswerte der Illusion stark entgegenwirkte.

Eine viel gründlichere Behandlung der vorliegenden Fragen erschien 1861 aus der Feder des Ingenieurs R. H. Bow (1.). Er entwickelte die Bedingungen für die scheinbare Größe verschieden weit entfernter Objekte und für die Urteilstäuschungen, die durch einen entschieden falschen Betrachtungsabstand von der perspektivischen

[1]) Nach Th. Suttons Darstellung scheint dieses Instrument nach einer Anregung Blanquart-Evrards konstruiert worden zu sein. Bei den durch Hrn. P. Culmann freundlich unterstützten Nachforschungen hat sich in Blanquart-Evrards Schriften aber nichts hierauf Bezügliches finden lassen.

Darstellung veranlaßt werden. Sei die Kenntnis der Größen- und Tiefenverhältnisse der dargestellten Objekte mangelhaft, so könne ihre Rekonstruktion aus der Darstellung mit Unrichtigkeiten behaftet sein, deren Grenzwerte gegeben seien durch die Annahme einer falschen Tiefenausdehnung und die falscher Höhen- und Breitenverhältnisse. Je nach der individuell verschiedenen Erfahrung entscheide man sich mehr für das eine oder für das andere. Für seine ganze Darstellung ist es charakteristisch, daß er nie das Photogramm in der Lage betrachtet, in der es in der Kamera erscheint, sondern immer kopiert und auf die Seite der Objekte gebracht. Es liegt stets perspektivisch zwischen den Objekten und dem Projektionszentrum und steht davon um die Entfernung der Äquivalentbrennweite ab. Von da ist nur noch ein kleiner Schritt bis zur Einführung des objektseitigen Abbildes, aber leider hat dieser fähige Vertreter der englischen Optik diesen Schritt nicht getan.

Die Vertretung seiner konsequenten Ansicht brachte ihn später in Kollision mit den in Künstlerkreisen herrschenden Ansichten, als deren Vertreter der Maler N. Macbeth auftrat. R. H. Bow (4.) bestand ihm gegenüber darauf, daß man von einer falschen Perspektive des photographischen Objektivs überhaupt nicht sprechen könne, also auch dann nicht, wenn nahe Gegenstände sehr groß abgebildet würden. Wenn man nur den richtigen Gesichtspunkt einnehme, so erscheine auch alles richtig, und wenn der Künstler von der Darstellung eines photographischen Objektivs abweiche, so geschehe das auf Kosten der Naturtreue; allerdings könne der Maler zu einer solchen Abweichung leicht kommen, so wenn er beispielsweise ferne Hügel höher und steiler male, aber berechtigt sei ein solches Vorgehen nur dann, wenn es einer unrichtigen Wahl des Abstandes durch den Beschauer entgegenwirken solle. Man sieht, daß R. H. Bow hier die ersten Schritte auf einem Gebiete tat, das später von G. Hauck eingehend bearbeitet werden sollte.

Hier mögen auch die gelegentlichen Äußerungen eines anderen hervorragenden Vertreters der englischen Optik erwähnt werden, die allerdings aus einer späteren Zeit stammen, aber auf dasselbe Thema Bezug nehmen. 1893 machte H. Dennis Taylor (1.) darauf aufmerksam, daß man bei der zweiäugigen Betrachtung von Gemälden mit richtiger Perspektive geneigt sei, den Vordergrund zu groß, den Hintergrund zu klein aufzufassen. Der Maler, der auf seinem Gemälde die Eindrücke des zweiäugigen Sehens wiedergeben wolle, müsse bei nahen Objekten von der richtigen Perspektive in dem Sinne abweichen, daß er sie etwas zu klein, bei fernen, daß er sie etwas zu groß male.

Es ist ganz verständlich, daß R. H. Bow (2) auch versuchte, einen Apparat zu konstruieren, um die Richtigkeit seiner Ansichten darzutun. Als Bilder dienten ihm die in England schon damals außerordentlich weit verbreiteten Glasbilder für Projektion, deren kanonisches Format 8,2 : 8,2 *cm* betrug. Sie wurden in der Regel mit Objektiven kurzer Brennweite (10 bis 12 *cm*) aufgenommen, und niemand fand etwas an ihrer Perspektive auszusetzen, da sie ja nur stark vergrößert betrachtet werden sollten. R. H. Bow schob sie zu einäugiger Betrachtung in einen Kasten mit transparenter Rückwand und ließ sie durch ein starkes Brillenglas (von etwa 10 *D*) beschauen. Die Berechnung, die er für den Durchmesser des Brillenglases anstellte, beruht auf einer Überlegung, die ihn fast zur Erkenntnis der Wichtigkeit des Augendrehungspunktes für die Betrachtung von Bildern im direkten Sehen geführt hätte. Das ganze Instrument war mit einem schweren Fuße ausgerüstet und stellt wohl die am besten durchgearbeitete Einrichtung dieser Art dar, die sich in der Literatur findet. Eine ganze Reihe von Instrumenten des Handels sind anscheinend nach diesem

Muster konstruiert und unter Bezeichnungen wie „Pantaskop“ und „Laternoskop“ auf den Markt gebracht worden.

Unabhängig von dieser Vorrichtung ist das 1875 von dem Edinburgher Astronomen Ch. Piazzi Smyth (1.) beschriebene „Mono-Stereoskop“. Es verdient nur insofern hier eine besondere Erwähnung, als damit der Versuch gemacht worden ist, unbefangene Beobachter in die Täuschung zu versetzen, sie benutzten beide Augen. Das Seitenlicht wurde durch einen breiten, der Kopfform angepaßten Schirm abgehalten, und es waren Einblicköffnungen für beide Augen vorhanden, deren eine allerdings durch eine Sammetfläche abgeblendet worden war. Ihm hat eine solche Beobachtung mit nur einem Auge anscheinend keine Beschwerden gemacht, doch wurde ihm bald von einigen Benutzern das Unbehagen entgegengehalten, das sie bei länger anhaltender monokularer Betrachtung empfänden. Eine befriedigende Erklärung dieses Unbehagens ist in der hier benutzten Literatur nicht versucht worden.

Zum Schluß sei noch darauf hingewiesen, daß die Achse dieser Instrumente beim Gebrauche dieselbe Neigung zur Horizontalen einnehmen sollte wie die Kameraachse bei der Aufnahme. Ist die Objektivachse bei der Aufnahme nicht horizontal, so spricht man auch wohl von *Neigungsbildern*. Allerdings ist bei der eben gegebenen Vorschrift stillschweigend die Voraussetzung gemacht, daß die Mattscheibe stets senkrecht zur Kameraachse geblieben sei, doch kann man diese Annahme für moderne Aufnahmen wohl immer und für die älteren Bilder in den meisten Fällen machen. Eine Berücksichtigung der Neigungsbilder findet sich anscheinend zuerst bei Stereogrammen, doch wäre es irrig, anzunehmen, die Notwendigkeit, die Neigung zu berücksichtigen, hätte mit dem Umstande das mindeste zu tun, daß dort jedem Auge ein besonderes Bild zur Betrachtung dargeboten würde. Vielmehr ist das Auftreten dieser Regel bei dieser Gelegenheit wohl dadurch zu erklären, daß allein die Stereoskope weitverbreitete optische Instrumente waren, in denen kleine Photogramme unter richtigeren als den sich für unbewaffnete Augen ergebenden Gesichtswinkeln betrachtet wurden. Daher wurde bei dem komplizierteren Instrument eine Beobachtung gemacht, die dem einfacheren gebührte.

Eine mangelhafte Vorkehrung für die Betrachtung von Neigungsbildern gab E. Moxham (1.) 1859 an; er wählte für ein solches Stereogramm empirisch eine bestimmte Neigung gegen die Achse der Betrachtungslinsen.

Um die Mitte der sechziger Jahre erlahmte anscheinend auf diesem Gebiete die Leistungsfähigkeit der englischen Amateurvereine und photographischen Zeitschriften, eine Erscheinung, die sich für diese Zeit auch für die Teilnahme an dem photographischen Objektiv bemerkbar macht. In Deutschland fand sich damals, von dem Vogelschen Fachkreise abgesehen, kein allgemeineres Interesse, und sogar die große physiologische Optik von H. Helmholtz ging auf das hier vorliegende Problem der einäugigen Betrachtung perspektivischer Darstellungen kaum ein. Ganz ohne Rücksicht auf die speziell photographischen Verhältnisse wurden diese Aufgaben von Physiologen studiert, und E. Mach (1.) versuchte sogar eine anscheinend ganz unbeachtet gebliebene Theorie der Elemente für die Tiefenvorstellung beim einäugigen Sehen zu geben, doch kam er nicht bis zur Anwendung auf die Perspektive. Ebensowenig wurde die großartige Theorie der Strahlenbegrenzung benutzt, die E. Abbe (1.) 1871 in einer klassisch reinen Darstellung veröffentlichte. Obwohl hier das Mittel gegeben war, um mindestens die Rolle des photographischen Objektivs für die Perspektive der Aufnahme mit aller Strenge zu bestimmen, so blieb es unbenutzt, denn

es war einmal an einer versteckten Stelle veröffentlicht, und dann lag es noch nicht in der Form vor, daß man es unmittelbar auf das photographische Objektiv hätte anwenden können. Die für das vorliegende Problem wohl abgeschlossene Form dieser Lehre findet sich, soweit Lehrbücher in Betracht kommen, erst bei O. Eppenstein (1. *S. 248—257*) in der zweiten Auflage der Czapskischen Theorie und in dem von M. von Rohr (2. *S. 466—507*) herausgegebenen Sammelwerke.

So erklärt es sich, daß in der wichtigen Darstellung, die 1878 von G. Hauck (1.), dem kunstverständigen Dozenten der deskriptiven Geometrie, gegeben wurde, von der Abbeschen Theorie gar keine Rede war, sondern daß der Begründer der modernen Photogrammetrie, der für die vorliegenden Aufgaben wie kein zweiter geeignet war, im wesentlichen auf dem Helmholtzischen Werke fußte. Er hielt bei der Ableitung der Perspektive an einer ruhenden Augenpupille fest, und so störte ihn die von ihm wohl bemerkte Bewegung des Auges bei der Betrachtung perspektivischer Darstellungen. Eine der in diesem Werke hauptsächlich behandelten Aufgaben bildet die Untersuchung, ob man wirklich nichts tun könne, um einem Gemälde einen richtigen Eindruck auch dann zu sichern, wenn es nicht aus dem richtigen Standpunkte betrachtet wird. Dabei ging er (1. *S. 38*) von folgender Definition des subjektiven Anschauungsbildes aus: „Wir verstehen unter einer Abbildung nicht „einen schablonenmäßigen Abklatsch, sondern eine freie Wiedergabe des Eindrucks, „den das Auge und die Seele von dem Naturobjekt empfängt." Da die Darstellung unmöglich alle Eindrücke verbinden könne, so müsse ein Kompromiß geschlossen werden, um die am meisten charakteristischen Eigenschaften zu bevorzugen. Als solche sah er die beiden an, daß einmal die scheinbare Größe einer Strecke dem Gesichtswinkel proportional sei, und dann, daß eine gerade Linie wieder als Gerade wiedergegeben werde. Beide Grundeigenschaften ließen sich nicht vereinigen, denn das zuletzt erwähnte Prinzip der Kollinearität widerspreche dem der Konformität. Häufig wähle der Künstler nun das letzte und gebe gerade Linien als Kurven wieder. Eine solche dem Prinzip der Konformität folgende Darstellung sei viel weniger empfindlich gegen einen Wechsel des Standpunkts als eine rein kollinear-perspektivische, die zwar von dem richtigen Gesichtspunkte aus die gewünschte Illusion erwecke, von dem unrichtigen aus aber betrachtet unerträglich falsch erscheinen könne. G. Hauck (1. *S. 70 u. 71*) schlug vor, für bestimmte Klassen von Gemälden die Einhaltung der Zentralprojektion aufzugeben. Für kleinere Gesichtswinkel (etwa solche unter 36 Grad) führen die beiden Prinzipien auf fast identische Bilder oder in G. Haucks Worten, die Zentralprojektion liefert für diesen Bereich eine *absolute* Perspektive.

An dem Kreise der Photographen scheint dieses Buch zunächst ganz unbemerkt vorübergegangen zu sein, und erst drei Lustren später wies F. Schiffner (1.) in Artikeln und selbständigen Schriften auf die Hauckschen Darlegungen hin.

Sehr bemerkenswerte Ansichten äußerte noch kurz vor dem Erscheinen der Schiffnerschen Schrift der Grazer Professor H. Streintz (1.) Er knüpfte an die alten Ansichten der englischen Schule, namentlich an M. Carey Lea an, den er übrigens überschätzte, da er ihm die Priorität an Ansichten zuschrieb, die eigentlich R. H. Bow gebührte. Soweit er eine theoretische Ableitung der Verhältnisse am photographischen Objektiv gab, gingen seine Ansichten nicht über die übliche Anwendung der Gaußischen Abbildungslehre auf das Kameraobjektiv hinaus. Dagegen sind seine Ansichten über verschiedene begleitende Umstände sehr fein, und sie legen für eine gute Beobachtungsgabe Zeugnis ab. Außer den durch den Abstand vom Bilde bestimmten Gesichtswinkeln hat auch noch das Format einen Einfluß auf

das Urteil über Größe und Entfernung der dargestellten Gegenstände, denn sonst müßte sich die Tiefenansdehnung proportional mit dem Abstande ändern. Einen Beweis für diese Ansicht suchte er durch eine Reihe von Experimenten zu bringen. Auch die Projektionsvorführungen zog er in den Kreis seiner Betrachtungen, doch scheint er diesen Gegenstand nicht erschöpft zu haben. Aber seine Versuche über verschiedene Urteilstäuschungen, die Abhängigkeit der Größenschätzung photographierter Objekte vom Vordergrunde u. a. m. sind entschieden sehr lesenswert. Er scheint auch der erste gewesen zu sein, der die porrhallaktische Wirkung des Fernrohrs richtig schilderte: „Die Erscheinung des Zusammenrückens in der Tiefen„richtung gewahren wir übrigens jedesmal, so oft wir durch ein Fernrohr oder Opern„glas blicken. Diese Instrumente vergrößern nicht nur die Gegenstände, sondern „ziehen sie auch aus der Ferne heran und relativ in kürzere Tiefenabstände.“ Der Grund zu dieser Erscheinung läßt sich nach M. von Rohr (3. *S. 275*) sehr leicht dartun, wenn man die Überlegungen für die Tiefendeutung durch das einäugige Sehen auf die Betrachtung des Objektivbildes durch das Okular hindurch anwendet. Die an jener Stelle stillschweigend gemachte Annahme, es handele sich um etwas Neues, ist durch diesen Hinweis auf H. Streintz hinfällig geworden.

Ein Teil der Streintzischen Untersuchungen wurde von dem früh verstorbenen Privatdozenten E. Müller (1.) in Erlangen in glücklicher Weise aufgenommen. Dieser Autor beschäftigte sich mit dem Einflusse der Rahmengröße auf die unwillkürlich gewählte Entfernung des Auges von dem Photogramm. Er kam zu dem Ergebnis, daß absolut kleine Bilder unter einem kleinen Gesichtswinkel betrachtet werden, und daß dieser Gesichtswinkel gesetzmäßig mit dem Format wächst. Während er ein Bild von 5 *cm* Durchmesser im Durchschnitt unter einem Gesichtswinkel von 22° betrachtete, steigerte sich dieser Winkel auf $38^1/_2$° für ein Bild mit einem Durchmesser von 20 *cm*. Unter der Annahme der Richtigkeit dieser Bestimmungen ergibt sich also ein Zusammenhang zwischen Bildformat und Aufnahmebrennweite, wenn die Kopie direkt, und zulässiger Vergrößerung, wenn sie vergrößert betrachtet werden soll; immer vorausgesetzt, daß der Wunsch besteht, einen naturgetreuen Eindruck zu erzielen. E. Müller wies auf die aus diesen Überlegungen folgende Unmöglichkeit hin, ein Bild ohne weiteres zu vergrößern, ohne den Eindruck zu ändern, und möglicherweise ist der Inhalt seiner kleinen Studie auch mit für die Begründung des oben erwähnten Ruskinschen Urteils heranzuziehen.

Das einzige Lehrbuch, das das vorliegende Thema einer richtigen Betrachtung perspektivischer Darstellungen berücksichtigt, ist das von O. Lummer (1. *S. 607 bis 616, 632*). Doch auch hier wird das betrachtende Auge als ruhend angenommen, und für die Gesichtswinkel spielen die Knotenpunkte des Auges eine Rolle.

Der letzte Schritt in der Behandlung des ganzen Problems geht auf den Ophthalmologen A. Gullstrand in Upsala zurück. Er stellte bewußt die Forderung auf, die Abbildskopie im direkten Sehen so zu betrachten, daß der Augendrehungspunkt in den Gesichtspunkt gebracht werde. Dann allein werden beim direkten Sehen durch die Abbildskopie dieselben Gesichtswinkel verursacht wie bei der Betrachtung der Objekte selbst vom Aufnahmeorte aus, und nur so kann das Maximum der Illusion erzielt werden. Da nun für die meisten der modernen Photogramme ein so kurzer Betrachtungsabstand aus Akkommodationsschwierigkeiten nicht eingehalten werden kann, so stellte A. Gullstrand die Bedingungen auf, denen eine Lupe entsprechen sollte, um diese naturgemäße Betrachtung eines modernen (d. h. eines mit verhältnismäßig kurzer Aufnahmebrennweite angefertigten) Photogramms zu gestatten.

Als ihm seine Überschlagsrechnungen die Möglichkeit einer solchen Konstruktion gezeigt hatten, wandte er sich, wie A. Köhler (1.), E. Wandersleb (1.) und M. von Rohr (1.) berichtet haben, wegen der Durcharbeitung an die Zeißische Werkstätte, und als Ergebnis erschien der letzte Betrachtungsapparat, der „Verant“.

Die optische Konstruktion der Betrachtungslinse hat die Gullstrandsche Bedingung zur Grundlage, daß von den sphärischen Aberrationen hauptsächlich die Fehler der schiefen Büschel, Astigmatismus und Verzeichnung, zu heben seien; und zwar muß das geschehen für einen Blendenort, der mindestens $2^1/_2$ *cm* vor der dem Auge nächsten Linsenfläche liegt, sodaß man den Augendrehungspunkt mit ihm zusammenfallen lassen kann. Schon daraus geht hervor, daß die Konstruktion solcher Verantlinsen um so schwieriger sein wird, je kürzer ihre Brennweite werden soll. Es ist jedoch im Laufe der Zeit gelungen — der Billigkeit wegen unter Beschränkung auf zweilinsige Formen — eine Lupenbrennweite von nur 7 *cm* zu erreichen, ohne das brauchbare Gesichtsfeld unter 60 Grad heruntersinken zu lassen. Viel weiter wird man, mindestens für Papierbilder, kaum herabgehen können, weil sonst das Gefüge des Kopierpapiers gar zu deutlich wird und den Eindruck stört.

Die mechanische Konstruktion des Apparats geht im wesentlichen auf A. Köhler zurück, und als wesentliche Teile sind für den hier verfolgten Zweck hervorzuheben: der Schirm, der nur die Benutzung eines Auges gestattet, und die unsymmetrische, der Form der Augenhöhle sich möglichst genau anschließende Muschel. Ihre Aufgabe ist es, das Auge schnell und sicher den für seinen Drehungspunkt vorgeschriebenen Ort auffinden zu lassen.

(Fortsetzung folgt.)

Leitendmachen von Quarzfäden.

Von

Dr. A. Bestelmeyer in Göttingen.

Um in empfindlichen Elektrometern mit Quarzfadensuspension die Zuführung der Nadelladung durch ein Schwefelsäuregefäß zu vermeiden, sind drei Wege eingeschlagen worden: die von Hrn. Himstedt vorgeschlagene Versilberung des Quarzfadens, die von Hrn. Dolezalek eingeführte Benetzung des Fadens mit einer hygroskopischen Lösung (*diese Zeitschr.* ***21.*** *S. 345. 1901*) und endlich die Ladung der an isolierendem Quarzfaden aufgehängten Nadel durch einmalige Berührung.

Durch die Versilberung werden leider die elastischen Eigenschaften des Quarzfadens zu sehr beeinträchtigt. Die Methode der Benetzung des Fadens ist zwar frei von diesem Fehler, verbietet aber eine energische Trocknung des Elektrometers und bewirkt namentlich bei dünnen Fäden im geheizten Zimmer nicht immer eine zufriedenstellende Leitfähigkeit. Die Ladung der isolierten Nadel endlich nimmt dauernd, wenn auch langsam, infolge der Leitfähigkeit der Luft ab; auch macht die isolierende Aufhängung die Anlegung des zu messenden Potentials an die Nadel unmöglich.

Den Vorteil der metallischen Leitung ohne den Nachteil der Versilberung zu erreichen, ist mir gelungen, indem ich den Quarzfaden durch Kathodenzerstäubung platinierte.

Ich bediente mich der umstehend abgebildeten Röhre. An dem gleichzeitig als Anode dienenden Aluminiumdraht A wird der Quarzfaden (0,01 *mm* Durchmesser) samt den mit Siegellack angekitteten Aluminiumhaken eingehängt und das untere

Häkchen durch Einhaken eines Platindrähtchens P so fixiert, daß sich später bei Anlegung von Spannung der Quarzfaden nicht nennenswert bewegen kann. Der Platindraht K dient als Kathode. Der obere und untere Teil der Röhre werden mit Siegellack verkittet; bequemer ist natürlich ein Schliff.



Nach Auspumpen auf etwa 0,1 *mm* Quecksilber wird die Hochspannungsbatterie angelegt (1280 Volt unter Vorschaltung eines größeren Widerstandes) und von Zeit zu Zeit zwischen den beiden unteren Platin-Ösen die Leitfähigkeit des Quarzfadens mit dem Blättchenelektroskop geprüft. Bei einer Stromstärke von 1 bis 3 Milliampere ist der Quarzfaden in etwa 10 Minuten leitend. Häufig zeigt allerdings das Elektroskop trotzdem noch nicht gute Leitfähigkeit an, da die Eintrittstelle des Fadens in den Siegellack oft trichterförmig ausgebildet ist und folglich die Berührungslinie Quarz—Siegellack nicht genügend platiniert wird. Diesem Übelstand läßt sich leicht durch nachträgliche chemische Versilberung der Kittstellen abhelfen.

Die so platinierten Fäden leiten die Ladung eines Blättchenelektroskops momentan ab, zeigen keine Änderung der Direktionskraft, keine elastische Nachwirkung und scheinen ihre Leitfähigkeit dauernd zu behalten. Den ersten Faden nach der beschriebenen Methode habe ich Anfang dieses Jahres hergestellt; die Elektroskop-Entladung durch ihn ist noch heute eine momentane.

Göttingen, Physikalisches Institut der Universität, 11. Oktober 1905.

Präzisions-Polarisations-Spektrometer.

Von
C. Leiß in Steglitz.
(Mitteilung aus der R. Fueßschen Werkstätte.)

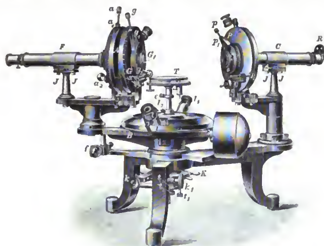
Die Konstruktion des in der Figur abgebildeten Polarisations-Spektrometers geschah auf Veranlassung des Hrn. Prof. Voigt in Göttingen für das dortige Physikalische Institut. Die Anordnung der analysierenden Vorrichtung in Verbindung mit dem Kompensator stimmt im wesentlichen überein mit einem von Hrn. Prof. Liebisch früher angegebenen, für das Göttinger Mineralogische Institut von der Firma R. Fueß ausgeführten Instrument.

Horizontales Kreissystem. Auf dem Kernstück eines kräftigen Dreifußes erhebt sich eine mit letzterem fest verbundene, nach oben sich verjüngende konische Achse, um die sich der Trägerarm B des Beobachtungsfernrohres, der Analysatorvorrichtung und des Kompensators drehen läßt. Mit B ist der Nonienkreis fest verbunden, dessen Nonien den in $1/_6$ Grad geteilten Kreis (mit Silberlimbus) von etwa 17 *cm* Durchmesser bestreichen und unmittelbar 10″ abzulesen erlauben. Kreis und Alhidade sind durch eine Kappe geschützt; zwei aplanatische Lupen l und l_1 dienen zur Ablesung. Zur Fixierung und Feinstellung von B dienen die Schrauben f und f_1.

Um Messungen an verschiedenen Stellen des Kreisumfanges vornehmen zu können und damit etwaige Teilungsfehler zu vermeiden, ist der Teilkreis um eine besondere konische Achse mit dem Speichenrad K drehbar. Die Festklemmung und feine Einstellung des Kreises erfolgt durch die Schrauben k und k_1.

Prismatischchen. Das Tischchen T ist gleichfalls für sich allein mit der Griffscheibe t drehbar und kann durch die Schraube t_1 fixiert werden. Die Hoch- und Tiefstellung der das Prismatischchen tragenden zylindrischen Stabführung erfolgt durch eine stark steigende Schraube mit dem geränderten Knopf t_2; die Klemmung wird mit einem besonderen, aufsteckbaren Schlüssel an der Schraube t_3 bewirkt. Um das Prismatischchen leicht gegen eine andere Vorrichtung, z. B. einen Zentrier- und Justierapparat für Kristallwinkelmessungen, ein Totalreflektometer nach Liebisch u. dgl. vertauschen zu können, ist dasselbe mit Hülfe der Schraube e auf einen Zapfen am Ende des zylindrischen Stabes aufgeklemmt. Die Justierung geschieht in der üblichen Art durch zwei Schrauben und eine Gegenfeder.

Kollimator und Fernrohr. Der Kollimator C ist durch eine Säule fest mit dem Dreifuß verbunden, während das Beobachtungsfernrohr F auf dem mit dem Nonienkreis drehbaren Arm B aufgeschraubt ist. Um die Sehlinien von F und C genau



justieren zu können, besitzen ihre Unterlagen je drei Justierschrauben J. Die Objektive haben eine Brennweite von 180 *mm* und eine freie Öffnung von 20 *mm*. Eine größere Objektiv-Öffnung zu wählen, würde wenig Zweck haben, da dies ebenfalls eine Vergrößerung der schon ohnedies recht kostspieligen Nicols bedingen würde.

Der für alle sonstigen spektrometrischen Arbeiten gebräuchliche Mikrometer-Spalt ist für die Untersuchungen im polarisierten Licht durch eine kleine Revolverscheibe R mit vier kleinen Diaphragmaführungen ersetzt.

Polarisations-Einrichtung. Der Polarisator P ist in Gemeinschaft mit dem Kollimator, und zwar unmittelbar hinter diesem, auf einem Vorsprung der Kollimatorsäule angebracht, während der *Analysator* A und der *Kompensator* G auf dem Fernrohrträger befestigt sind. P ist der Teilkreis für den Polarisatornicol, A derjenige für den Analysator und G derjenige für den Kompensator. Jeder dieser Kreise besitzt grobe und feine Einstellung. Zur groben Einstellung bezw. zu raschen Einstellungen dienen die Schraubenköpfe p, a, g. Letztere können durch Drehung ihrer Mutterstücke p_1, a_1, g_1 für die bequeme Handhabung während der Beobachtung in beliebige Stellung am Kreisumfang gebracht und mit den Schrauben p, a, g arretiert werden. Die feine,

durch je einen kleinen Exzenter x einschaltbare Einstellung geschieht durch die drei Schrauben ohne Ende p_2, a_2, g_2. Jeder der drei Kreise ist in $^1/_4$ Grad geteilt, und je zwei zugehörige, um 90 Grad voneinander entfernte Nonien geben 30 Sekunden an. Sowohl das den Polarisator als das den Analysator tragende Kreissystem sind so auf ihre Träger aufgesetzt, daß ihre verlängert gedachten Drehungsachsen mit den an den Befestigungsflächen befindlichen Justierschrauben genau auf die vertikale Umdrehungsachse und zu dieser senkrecht gerichtet werden können.

Als Nicolsche Prismen kommen solche mit senkrechten Endflächen zur Verwendung; auf Reinheit des Materials und Präzision in der Ausführung muß bei den Prismen die größte Sorgfalt gelegt werden. Der bei G_1 in die Öffnung von G eingesetzte Kompensator ist ein zwischen zwei planparallelen Gläsern liegendes $^1/_4$ Undulations-Glimmerplättchen.

Zur Theorie der schiefen Büschel (zweiter Beitrag).

Von
Dr. **Arthur Kerber** in Leipzig.

In *dieser Zeitschr.* **20.** *S. 234. 1900* hat H. Harting *für ein dünnes Linsensystem, bei dem die Blende im gemeinsamen Flächenscheitel steht*, Formeln für die Schnittweiten eines schiefen Büschels von beliebig großer Neigung abgeleitet. Allgemeinere Beziehungen ergeben sich für alle optischen Systeme, in denen sich *die Breite der schiefen Büschel* für alle Flächen von vornherein bestimmen läßt; also beispielsweise für plankonvexe Doppellinsen (Fig. 1), wenn der seitliche Objektpunkt in unendlicher Entfernung liegt und die Hauptstrahlneigung so gewählt wird, daß der Strahl den scharfen Rand der bikonvexen Linse trifft; oder für zweigliedrige Systeme, wenn das erste Glied bekannt ist und das zweite von dem schiefen Büschel am scharfen Rande getroffen wird (Fig. 2), u. s. w.


Fig. 1.


Fig. 2.

Betrachten wir zunächst den *Meridianschnitt*, so ist die Abbesche Grundformel für die Schnittweite an einer Kugelfläche

$$\frac{\nu_m \cos^2 \zeta_m}{t_m} - \frac{\mu_m \cos^2 \varepsilon_m}{s_m} = \frac{\nu_m \cos \zeta_m - \mu_m \cos \varepsilon_m}{\varrho} = K_m,$$

wenn wir die Bezeichnung meiner früheren Abhandlung (*diese Zeitschr.* **24.** *S. 236. 1904*) beibehalten. Führen wir anstatt der Schnittweiten s und t die Büschelwinkel vor und nach der Brechung ein, das heißt $d\alpha$ und $d\beta$ (Fig. 3), so ergibt sich

$$\nu_m \cos \zeta_m \, d\beta_m - \mu_m \cos \varepsilon_m \, d\alpha_m = g_m K_m,$$

worin g_m das von dem Büschel benutzte Element der Kugelfläche vorstellt.

Diese Gleichung muß nunmehr in eine Rekursionsformel umgewandelt werden. Zu dem Ende dividieren wir auf beiden Seiten zuerst durch $\cos \zeta_m$, sodann durch

$$\pi_m = \frac{\cos \varepsilon_1 \cos \varepsilon_2 \ldots\ldots \cos \varepsilon_m}{\cos \zeta_1 \cos \zeta_2 \ldots\ldots \cos \zeta_m}.$$

Dann verwandelt sich dieselbe, unter Berücksichtigung von $\mu_m d\alpha_m = \nu_{m-1} d\beta_{m-1}$, in

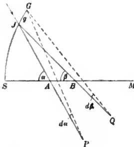
$$\frac{\nu_m \, d\beta_m}{\pi_m} - \frac{\nu_{m-1} \, d\beta_{m-1}}{\pi_{m-1}} = \frac{g_m K_m}{\pi_m \cos \zeta_m}.$$

Läßt man hierin den Index die Werte von 1 bis m durchlaufen und beachtet, daß für die fingierte (beiderseits durch das erste Medium begrenzte) nullte Fläche $\nu_0 d\beta_0 = \mu_1 d\alpha_1$ und $\pi_0 = 1$ zu setzen ist, so erhält man nach Summation der auf diese Weise erhaltenen m Gleichungen

$$\nu_m d\beta_m = \pi_m \mu_1 d\alpha_1 + \sum_{c=1}^{c=m} \frac{\pi_m}{\pi_c} \frac{g_c K_c}{\cos \zeta_c}$$

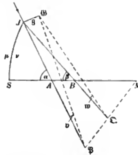
und nach Einführung der Schnittweiten s_1 und t_m

$$\frac{1}{t_m} = \frac{\mu_1}{\nu_m} \frac{\cos \varepsilon_1}{\cos \zeta_m} \frac{g_1}{g_m} \frac{\pi_m}{s_1} + \sum_{c=1}^{c=m} \frac{1}{\nu_m} \frac{\sec \zeta_m}{\cos \zeta_c} \frac{g_c}{g_m} \frac{\pi_m}{\pi_c} K_c \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 1)$$



$SM = \rho;\ JP = s;\ JQ = t.$

Fig. 3.



$SM = \rho;\ J\mathfrak{P} = \mathfrak{s};\ J\mathfrak{Q} = \mathfrak{t}.$

Fig. 4.

In entsprechender Weise ergibt sich für den *Sagittalschnitt* (Fig. 4), wenn man wie früher die Einfallshöhe des sagittalen Strahles durch $\mathfrak{g}$, seine Neigungswinkel vor und nach der Brechung durch $\mathfrak{v}$ und $\mathfrak{w}$, die Schnittweiten durch $\mathfrak{s}$ und $\mathfrak{t}$ bezeichnet,

$$\nu_m \mathfrak{w}_m = \mu_1 \mathfrak{v}_1 + \sum_{c=1}^{c=m} \mathfrak{g}_c K_c$$

oder

$$\frac{1}{\mathfrak{t}_m} = \frac{\mu_1}{\nu_m} \frac{\mathfrak{g}_1}{\mathfrak{g}_m} \frac{1}{\mathfrak{s}_1} + \sum_{c=1}^{c=m} \frac{1}{\nu_m} \frac{\mathfrak{g}_c}{\mathfrak{g}_m} K_c \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 2)$$

Hiermit sind die Schnittweiten schiefer Büschel von großer Neigung als reine Funktionen der Hauptstrahlelemente ausgedrückt, falls die Länge der benutzten Bogenelemente, g und $\mathfrak{g}$, für alle Flächen des Systems gegeben ist. Die Formeln können namentlich bei Berechnung von Okularen Verwendung finden, wenn man diese zuvor genähert korrigiert und die schiefen Büschel größter Neigung durchrechnet hat. Dann ist es leicht, indem man alle Glieder des Okulares bis auf das letzte und im letzten alle Hauptstrahlwinkel unverändert läßt, die Größen t und $\mathfrak{t}$ in Gl. 1) und 2) als Funktionen des Luftabstandes des letzten Gliedes auszudrücken und letzteren so zu bestimmen, daß die astigmatische Deformation des Bildes gehoben wird. In dieser Weise konnte beispielsweise das vom Verf. angegebene dreifache, astigmatisch korrigierte Okular, in dem die Krümmung in beiden Schnitten gehoben ist (*Der Mechaniker 8. S. 109. 1900*), berechnet werden, da bei Okularen von einer strengen Ebenung des Bildes abgesehen werden kann.

In dem *Spezialfalle eines dünnen Linsensystems*, dessen Blende mit den Flächenscheiteln zusammenfällt, treten nun an Stelle der Inzidenz- die Strahlachsen-Winkel vor und nach der Brechung; es wird somit $\cos \varepsilon_c = \cos \alpha_c$, $\cos \zeta_c = \cos \beta_c$ und

$$\pi_c = \frac{\cos \alpha_1 \cos \alpha_2 \ldots\ldots \cos \alpha_c}{\cos \beta_1 \cos \beta_2 \ldots\ldots \cos \beta_c} = \frac{\cos \alpha_1}{\cos \beta_c},$$

$$\pi_m = \frac{\cos \alpha_1}{\cos \beta_m}, \qquad K_c = \frac{\nu_c \cos \beta_c - \mu_c \cos \alpha_c}{\varrho_c},$$

endlich $g_c = g_m = g_1$ und $\mathfrak{g}_c = \mathfrak{g}_m = \mathfrak{g}_1$. Mit Benutzung dieser Werte ergibt sich dann wie bei Harting

$$\frac{\nu_m \cos^2 \beta_m}{t_m} = \frac{\mu_1 \cos^2 \alpha_1}{s_1} + \sum_1^m \frac{\nu \cos \beta - \mu \cos \alpha}{\varrho},$$

$$\frac{\nu_m}{\mathfrak{t}_m} = \frac{\mu_1}{\mathfrak{s}_1} + \sum_1^m \frac{\nu \cos \beta - \mu \cos \alpha}{\varrho}.$$

Die weitere Entwicklung der letzten Formeln findet man in der zitierten Arbeit und bei M. von Rohr, Die Theorie der optischen Instrumente. Berlin, J. Springer 1904. 1. Bd. *S. 255—256.*

Referate.

Photographisches Meridianfernrohr zur Bestimmung der Rektaszensionen der Sterne.

Von J. Mascart und W. Ebert. *Compt. rend.* ***140.*** *S. 1314. 1905.*

Vor zehn Jahren machte G. Lippmann in Paris einen oder vielmehr drei auf derselben Grundidee beruhende Vorschläge über die Vermeidung der persönlichen Gleichung bei der Bestimmung der Zeit eines Sterndurchganges durch den Meridian, worüber in *dieser Zeitschr.* ***15.*** *S. 225. 1895* referiert worden ist. Ref. hat damals kein günstiges Urteil betreffs der Ausführbarkeit der drei Vorschläge gewinnen können; Hr. Lippmann hat nun aber die vorgeschlagene Methode in mehreren wesentlichen Punkten geändert, sodaß die Verf. des heute zu besprechenden Artikels nach Überwindung zahlreicher Schwierigkeiten seinen Vorschlag realisieren konnten, doch wollen sie den hierfür von Gautier gefertigten Apparat zunächst nur als ein Modell betrachtet wissen, welches zeige, daß bei weiteren Verbesserungen, die die Verf. besonders hinsichtlich sechs von ihnen angeführter Punkte für wünschenswert halten, der Apparat in der Tat der Astronomie wertvolle Dienste würde leisten können.

Das Fernrohr, durch welches die den Meridian passierenden Sterne photographiert werden sollen, ist parallaktisch montiert und kann 12 Minuten lang den Sternen folgen, doch wird von den Verf. die Möglichkeit einer Ausdehnung der Expositionszeit um einige Minuten gewünscht. Es hat eine Öffnung von 16 *cm* und ein Gesichtsfeld von etwa $2\frac{1}{2}$ Quadratgrad; visuell läßt es noch Sterne 11. Größe erkennen, bei der 12 Minuten währenden Exposition gibt es noch Sterne 9. Größe. Um nun die schwächeren Sterne mikrometrisch an die helleren anschließen, im besonderen die Rektaszensionsunterschiede bestimmen zu können, wird gleichzeitig mit den Sternen noch die Lage des Meridians in Intervallen von einer Minute auf die Platte photographiert, und zwar mittels folgender Vorrichtung.

Im Meridian ist ein Kollimator von nicht zu geringen Dimensionen — die Verf. fanden den von ihnen benutzten etwas zu klein — aufgestellt. Ein durch eine Bogenlampe erhellter Punkt seiner Brennebene oder besser noch ein vertikaler leuchtender Spalt sendet jede Minute, wenn durch Schluß eines Kontaktes der Sternzeituhr ein vor der Bogenlampe be-

findlicher Schirm für einen Moment fortgezogen wird, Lichtstrahlen durch das Kollimatorobjektiv auf einen quer davor liegenden zylindrischen Spiegel, von dem sie nun in das Fernrohrobjektiv reflektiert werden. Auf der Platte erscheinen dann in Abständen von je einer Zeitminute eine Anzahl Striche, welche die Lage des Meridians zu den Zeiten, als die Sternzeituhr den Kontakt schloß, ergeben.

Als wünschenswert hat sich den Verf. herausgestellt, daß der Kontaktschluß auch in anderen, kürzeren und längeren Zeitintervallen als einer Minute erfolgen könnte.

Aus der Lage der Fundamentalsterne zwischen den Minutenstrichen erkennt man den Stand der Uhr.

Der Kollimator und der Zylinderspiegel sind die einzigen Teile des Apparates, welche eine gesicherte Aufstellung verlangen. Die den Kollimator verlassenden Strahlen müssen senkrecht auf den erzeugenden Geraden des Zylinderspiegels stehen, da andernfalls die Fläche, in welcher die reflektierten Strahlen liegen, nicht eben ist, und daher die Striche auf der photographischen Platte, welche die Lage des Meridians darstellen sollen, nicht gerade werden. Gern hätten die Verf. die rechtwinklige Stellung des Zylinderspiegels zum Kollimator durch Autokollimation geprüft, doch ließ sich dies nicht auf einfache Weise ermöglichen, sodaß nur die Prüfung am Klischee übrig blieb. Ebenso konnte nur am Klischee geprüft werden, ob die Ebene der reflektierten Strahlen genau vertikal war, während auch hier die Anwendung der Autokollimation erwünscht gewesen wäre, wobei man das vom Kollimator ausgehende Licht nach Reflexion am Zylinderspiegel und einem darunter aufgestellten Quecksilberspiegel auf demselben Wege wieder hätte zurückgelangen lassen.

Da die Sterne durch die Refraktion in einem Vertikalkreis gehoben erscheinen, so beschreibt der eingestellte Stern während der 12 Minuten langen Expositionszeit einen Stundenwinkel von nicht ganz 12 Minuten. Man müßte, wenn das Fernrohr dem Stern folgen soll, den täglichen Gang des treibenden Uhrwerks etwas verlangsamen, bei einem Äquatorstern um 24 Sekunden.

Da das Fernrohr nicht mit einem Leitfernrohr verbunden war, wodurch man in sonst üblicher Weise die Stellung des Rohres bei merklich werdender Abweichung des Leitsternes vom Fadenkreuz hätte korrigieren können, so mußte in der Tat die Polarachse des Instrumentes auf eine geringere Umdrehungsgeschwindigkeit gebracht werden. Dabei kam den Verf. zustatten, daß der vom Uhrwerk getriebene Sektor nicht in ein gezahntes Stundenrad eingriff, sondern durch ein biegsames Metallband mit ihm verbunden war; die Verlangsamung konnte in diesem Falle dadurch bewirkt werden, daß man den Sektor sich um einen etwas exzentrisch liegenden Punkt drehen ließ.

Schwierigkeiten bot auch die Fokusierung des Kollimators, und erst nach längeren Versuchen gelang es, die nötige Feinheit der Striche auf der Platte zu erzielen.

Innerhalb welcher Deklinationen das Fernrohr zu gebrauchen war, sodaß sich also außer den Sternen auch die Lage der Meridianebene markierte, geben die Verf. nicht an; sie sprechen nur den Wunsch aus, daß Einrichtungen getroffen werden möchten, um die photographische Aufnahme südlicherer Zonen zu gestatten.

Es hat den Verf. viel Mühe und Geduld gekostet, Lippmanns Vorschlag in die Praxis umzusetzen und wenigstens ein provisorisches, allerdings noch mit verschiedenen Mängeln behaftetes Instrument zur Beobachtung nach Lippmanns Methode einzurichten. Ob die Versuche weiter fortgesetzt werden sollen, geht aus der Mitteilung nicht hervor. *Kn.*

Der Swaseysche Depressions-Entfernungsmesser (Typ „A").

Bull. of the U. S. Ordnance Department (Nr. 1875). 8°. 66 S. m. 5 Taf.

Das von der Warner & Swasey Co., Cleveland, Ohio, konstruierte Instrument ist als *„Depression Position Finder"* bezeichnet, nicht nur als Entfernungsmesser, wie es oben geschehen ist; es ist aber jedenfalls in dem hier beschriebenen Typ A (die anderen Typen sind dem Ref. nicht bekannt) nur für Entfernungsmessungen bestimmt; es enthält nämlich

keine Einrichtungen, die z. B. den Schiffsort auf eine am Instrument anzubringende See- und Küstenkarte sogleich aufzuzeichnen gestatten würden, wie dies beispielsweise bei dem kürzlich hier angezeigten Instrument der Bethlehem Steel Co. der Fall ist (vgl. *diese Zeitschr.* **25.** *S. 117. 1905*).

Wie dieses ist das Swaseysche zur festen Aufstellung in einer Küstenbefestigung und zur Ablesung der Entfernung eines Schiffs vom Standpunkt des Instruments aus eingerichtet. Diese Apparate sind sämtlich Parallaxen-Entfernungsmesser, und zwar solche mit der „Basis am Instrument", sei es, daß eine bestimmte horizontale Strecke zwischen zwei Fernrohren als Grundlinie dient, sei es, daß diese „Grundlinie", die man dann allerdings nicht mehr im gleichen Sinne als am Instrument befindlich bezeichnen kann, vertikal liegt und durch den Höhenunterschied zwischen Instrument und Wasserspiegel dargestellt wird; auch im zweiten Fall, nach dessen Prinzip schon so viele Instrumente konstruiert worden sind, dient zur Entfernungsmessung der mikrometrische Winkel, unter dem vom Endpunkt der zu messenden Entfernung (dem Schiff) aus die Basis erscheint, und der als Depressionswinkel des Zielpunkts (Schiffs) am Anfangspunkt der Entfernungsstrecke abgelesen werden kann. Diese vertikale Basis läßt sich selbstverständlich für einen bestimmten Wasserstand mit großer Schärfe ein für allemal bestimmen und gewährt den Vorteil, daß sie im Gegensatz zu der horizontalen Basisstrecke der zuerst genannten Klasse von Instrumenten je nach der Lage des Aufstellungspunktes des Apparats am Ufer *groß* gewählt werden kann. Aber bei der vertikalen Basis, deren einer Endpunkt, der Meeresspiegel, bis zur Vertikalen durch den Instrumentenstandpunkt fortgesetzt gedacht ist, sind zwei Umstände vorhanden, die besondere Einrichtungen am Instrument notwendig machen: einmal ist die vertikale Basis an sich nicht konstant, sondern infolge von Ebbe und Flut u. U. sehr stark, aber auch dort, wo Ebbe und Flut ganz fehlt oder gering ist (z. B. Mittelmeer, Ostsee, große Binnenseen), durch Windstau etwas veränderlich; sodann ist darauf Rücksicht zu nehmen, daß das übersehbare Stück der Meeresfläche keine horizontale Ebene, sondern ein Stück einer Kugelfläche ist, über dem zudem die Lichtstrahlen keine geraden Linien, sondern merklich, wenn auch meist viel schwächer als die Kugelfläche selbst, gekrümmt sind, d. h. es ist Erdkrümmung und Refraktion zu berücksichtigen.

Das hier beschriebene Instrument ist nun für Erhebungen des Beobachtungspunktes zwischen 40 und 400 engl. Fuß (rund 12 bis 120 *m*) über dem Meeresspiegel bestimmt; eine einfache Einstellung der Höhenskale auf die tatsächlich vorhandene Erhebung über dem mittleren Niederwasserspiegel macht das Instrument für seinen Standort tauglich. Das Fernrohr hat 3 Zoll (75 *mm*) Öffnung und ist mit Okularen von 12- und von 20-facher Vergrößerung versehen. Das ganze Instrument sitzt auf einer starken gußeisernen Säule als Unterbau, und es ist für gute Erhaltung der Horizontierung in allen Azimuten, wenn sie in einer Zielrichtung hergestellt ist, gesorgt. Die den Depressionswinkeln entsprechende Entfernungsskale ist auf einer konischen Trommel in einer Spirallinie aufgetragen, um eine möglichst „offene" Skale zu erzielen; sie ist im ganzen 120 Zoll (etwas über 3 *m*) lang, reicht von 1500 bis 12000 Yards (rund 1400 bis 11000 *m*) und läßt auf dieser ganzen Ausdehnung je auf 10 Yards ablesen. Übrigens ist dieser großen Länge der Skale vielleicht gar zu viel Gewicht beigelegt „für die Erlangung genauer Ablesungen"; z. B. wird schon die große Stärke der Fäden, die zu $^1/_{200}$ Zoll = $^1/_8$ *mm* angegeben wird, bei geringeren Erhebungen des Instruments über dem Wasserspiegel die Ablesung bis auf 10 Yards bei einer Entfernung von 11000 Yards ziemlich illusorisch machen.

Die Aufstellung und Gebrauchsfertigmachung (Justierung u. s. w.) des Instruments werden genau beschrieben; bei den Einrichtungen zur Berücksichtigung der Erdkrümmung und Refraktion sowie des augenblicklichen Wasserstandes infolge von Ebbe und Flut ist vorausgesetzt, daß gegebene Punkte in 2000, 5000 und 9000 Yards (rund 1800, 4600 und 8300 *m*) abgemessener Entfernung zur Verfügung stehen, und daß in jedem dieser Punkte eine „Referenzmarke" in fester Höhe über Niedrigwassermittel, z. B. 10 Fuß (etwas über 3 *m*) angebracht sei.

Die Abbildungen des Instruments (zwei Aufrisse, mehrere Schnitte, drei Ansichten des fertig montierten Apparats) geben genaue Auskunft über die Einzelheiten aller Einrichtungen. *Hammer.*

Über das Beilschneidenplanimeter.

Von A. Kriloff. *Bull. Acad. Imp. des Sciences de St.-Pétersbourg* **19.** *S. 221. 1903.*

Der Verf., Professor an der Nautischen Akademie in St. Petersburg, gibt eine Theorie des Prytzschen (nicht Preeceschen) Beilschneiden- oder Stangenplanimeters (vgl. eine erste Notiz über dieses Instrument, das bis dahin in Deutschland ganz unbekannt geblieben war, obwohl es Prytz bereits 1886 beschrieben hatte, in *dieser Zeitschr.* **15.** *S. 90. 1895*, wo auch einige Literatur bis August 1894 angeführt ist. Die Theorie von Prytz selbst in einer 1894 erschienenen Broschüre ist fast ganz analytisch, ebenso die von Hill von 1894, die unendliche Reihen und genäherte Integration von Differentialgleichungen zu Hülfe nimmt, und am Schluß deren Hill sagt: „Die Kompliziertheit des Rechnungsgangs scheint anzudeuten, daß eine einfache geometrisch anschauliche Erklärung nicht möglich ist.“ Runge hat 1895 (*Zeitschr. f. Vermess.* **24.** *S. 321. 1895*) im wesentlichen sich an die von Prytz aufgestellte Theorie gehalten, aber schon 1896 gab Hamann eine ganz ansprechende geometrische Veranschaulichung (*Zeitschr. f. Vermess.* **25.** *S. 643. 1896*) und ähnlich ist z. T. auch Jordan verfahren (Handbuch der Vermessungskunde. 2. Bd. 5. Aufl. Stuttgart 1897. *S. 120—130*; in der 6. Aufl. dieses Bandes, Stuttgart 1904, ist diese Theorie weggelassen).

Der Verf. des hier anzuzeigenden Aufsatzes will zeigen, daß im Gegensatz zu der eben angeführten Ansicht von Hill ein exakter und geometrisch anschaulicher Beweis nicht nur möglich, sondern auch überraschend einfach ist. Er stützt sich dabei auf die für die am meisten gebrauchten Planimeter (z. B. das Amslersche) allgemein gültige Theorie, die Andrade im *Mémorial du Génie maritime* schon 1874 veröffentlicht hat. Andrade betrachtet (wie übrigens schon lange vor ihm Amsler und etwas später Culmann) die Fläche, die von einer auf einer Ebene sich bewegenden Strecke (Stange) überstrichen wird. Sein Hauptsatz lautet: kommt eine Stange von konstanter Länge l aus einer Anfangslage A_0B_0 (Fig. 1) durch eine unendlich kleine Verschiebung in der Ebene E in eine Endlage A_1B_1, so ist die zwischen Anfangs- und Endlage der Stange und dem Weg ihrer Endpunkte enthaltene oder die von der Stange „überstrichene“ unendlich kleine Fläche gleich der eines Rechtecks, dessen beide Seiten die Länge der Stange und die unendlich kleine Strecke MP_1 sind, wo MP_1 die Projektion des unendlich kleinen Wegs des Mittelpunkts der Stange von M nach M_1 auf die Richtung $MP_1 \perp A_0B_0$ ist; es ist also, wenn dQ das Element einer von der Stange überstrichenen Fläche ist,

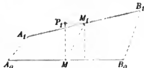


Fig. 1.

$$dQ = A_0B_0 \cdot MP_1 = l \cdot MP_1$$

und

$$Q = l \cdot \lim \Sigma MP_1.$$

Diese ΣMP_1 ist aber der *Bogen*, der sich vom Rand eines Rads abwickeln würde, das in der Mitte der Stange an einer Welle parallel zur Stange AB angebracht wäre. Denkt man sich ferner *zwei* Räder, das eine im Mittelpunkt der Stange bei M, das andre im Abstand a von M bei N, so ist sehr einfach zu zeigen, daß wenn φ den (endlichen) Winkel zwischen der Richtung einer Anfangslage und der einer Endlage der Stange bedeutet, der *Unterschied* zwischen den zwei vom Rad M und dem Rad N abgewickelten Bögen $a \cdot \varphi$ beträgt. Ist die Stange bei der Umschreibung einer Figur mit dem einen ihrer Endpunkte in ihre Anfangslage zurückgekehrt und hat sie dabei keine *Umdrehung* gemacht, so ist $\varphi = 0$, hat sie dagegen bei jener Gesamtbewegung eine *Umdrehung* ausgeführt, so ist $\varphi = 2\pi$, oder es ist, wenn in der Tat das Meßrad bei N im Abstand a von der Stangenmitte M sich befindet, der Betrag $2\pi \cdot a$ zu dem Bogen s, der von dem Radrand abgewickelt ist, zu addieren, d. h. der aus $s \cdot l$ sich ergebenden Fläche ist der Betrag $2\pi a \cdot l$ hinzuzufügen.

Umschreibt der eine Endpunkt B der Stange eine geschlossene Kurve Q rechtsläufig, während der andre Endpunkt A gezwungen den Umfang einer zweiten geschlossenen Kurve L zurückiegt, die die Fläche P umschließt, so ist

$$Q = l \cdot s + P \quad \text{oder} \quad Q = l \cdot s - P \quad \ldots \ldots \quad 1)$$

je nachdem L ebenfalls rechtsläufig oder linksläufig durchfahren wird.

Diese Gleichung 1) gilt, wenn L und Q getrennt liegen; wird dagegen L von Q ganz *umschlossen*, so ist

$$Q = l \cdot s + P + 2\pi l \cdot a \quad \ldots \ldots \quad 2)$$

Beim Polarplanimeter ist L ein Kreis, von dem der Endpunkt A der Planimeterstange einen Bogen hin und her oder aber den ganzen Umfang durchfährt, je nachdem der Pol außerhalb oder innerhalb der mit dem Endpunkt B der Stange umfahrenen Fläche Q liegt; bei den Rollplanimetern, Wagenplanimetern u. s. f. beschreibt A hin und her ein Stück einer geraden Linie. Beim Polarplanimeter mit Pol außerhalb der zu bestimmenden Fläche und bei den Roll- und Wagenplanimetern u. s. w. ist also $P = 0$. Beim Stangenplanimeter ist nun im Gegensatz zum Polarplanimeter keine zum voraus bekannte Kurve L vorhanden; die Art dieser Kurve hängt vielmehr ab von der Kurve Q, die der eine Endpunkt (Fahrstift) der Planimeterstange umschreibt: der zweite Endpunkt A der Stange kann sich wegen der daselbst angebrachten Beilschneide oder des scharfen Rollenrandes *nur* in der jeweiligen Richtung der Stange selbst verschieben. Ist nun z. B. Q in der Art umfahren, daß mit dem Fahrstift in B_0 begonnen und in der Richtung der Pfeile gefahren wird bis wieder zu B_0 zurück

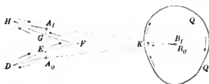


Fig. 2.

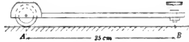


Fig. 3.

(Fig. 2) und hat endlich dabei, von der Anfangslage $B_0 A_0$ aus die Planimeterstange allmählich die Lage $B_0 A_1$ erreicht (Weg der *Schneide* $A_0 DEFGHA_1$), so hat man sich die Endlage $A_1 B_0$ dadurch mit der Anfangslage $A_0 B_0$ zusammengebracht zu denken, daß man die Stange um B_0 so dreht, daß die Schneide den Weg $A_1 A_0$ zurückgelegt. Die ganze, von der Stange überstrichene Fläche ist dann gleich der algebraischen Summe von Q und den Flächen, die vom zweiten Endpunkt A der Planimeterstange umfahren sind, mit den richtigen Vorzeichen genommen; es ist nämlich

$$\text{überstrichene Fläche} = Q - (A_0 DE - EFG + GHA_1).$$

Wäre im *Endpunkt* A der Stange ein Rad, dessen Welle parallel zu dieser liegen würde, so hätte dieses Rad sich bei der ganzen Bewegung des Punktes A von A_0 nach A_1 nicht gedreht; wäre dagegen das Rad im Mittelpunkt M der Stange, so würde es nach dem obigen den Bogen $\frac{1}{2} l \cdot \varphi$ abwickeln, während der Endpunkt A von A_0 nach A_1 kommt und wenn φ den Winkel $A_1 B_0 A_0$ bedeutet. Bei der gedachten Zurückführung der Endlage $A_1 B_0$ in die Anfangslage $A_0 B_0$ endlich würde aber dieses Rad, und zwar in gleichem Sinn, abermals den Bogen $\frac{1}{2} l \cdot \varphi$ abwickeln, und der Inhalt der überstrichenen Fläche ist $l \cdot l\varphi = l^2 \cdot \varphi = l \cdot$ Bogen $A_0 A_1$. Es besteht demnach die (genaue) Gleichung

$$l^2 \cdot \varphi = Q - (A_0 DE - EFG + GHA_1) \quad \ldots \ldots \quad 3)$$

Durch geeignete Wahl von B_0 (möglichst nahe beim Schwerpunkt der Fläche Q) kann man die Summe in der Klammer der Gleichung 3) sehr nahe zu Null machen und findet dann

$$Q = l^2 \cdot \varphi = l \cdot \text{Bogen } A_0 A_1 \quad \ldots \ldots \quad 4)$$

oder für $\varphi < 20°$ genügend genau

$$Q = l \cdot \text{Strecke (Sehne) } A_0 A_1 \quad \ldots \ldots \quad 5)$$

Der Verf. hat, durch den Mechaniker Wetzer in St. Petersburg, wie andere vor ihm getan haben, die Prytzsche Beilschneide durch den scharfen Rand einer Rolle ersetzt, und sein Instrument zeigt also den Anblick der Fig. 3; auch er wählt wie Prytz-Knudsen bei ihren am meisten verbreiteten Instrumenten $AB = 25$ *cm*. *Hammer.*

Ein neuer Rechenschieber.

Nach Nature **72.** *S. 45. 1905.*

Der Verf. [C. V. B.(oys)] beschreibt in dieser Notiz einen von John Davis & Son, Derby, auf den englischen Markt gebrachten Rechenschieber, der sich von den bis jetzt vorhandenen dadurch unterscheidet, daß eine zweite Zunge mit dem Stab verbunden werden kann. Die Nut auf der Außenseite des Stabs, die sonst gewöhnlich nur weit genug ist, um die umgebogene Kante des Läufers zu führen, ist hier weiter gemacht, sodaß sie die eine Zunge des neuen Schiebestücks aufnehmen kann, die, wenn erforderlich, in bestimmter Lage durch zwei Aluminiumklammern festgehalten wird. Mit Hülfe eines besondern Läufers können dann zugleich die Hauptteilungen auf Oberfläche von Stab und Zunge und die neue Seitenteilung abgelesen werden. Man kann so eine beliebige *neue* Skale den sonst vorhandenen (A bis D nach englischer Bezeichnung, die sich auch bei uns eingebürgert hat) hinzufügen. In dem dem Verf. vorgelegten Instrument trug das besondere Schiebestück eine sog. E-Teilung, nämlich eine log log-Skale, die, wie der Verf. sagt, „immer wieder neu erfunden wird“ (früher z. B. von Dr. Roget und später von Leutnant Thomson am Rechenschieber angebracht); man kann mit ihrer Hülfe den Logarithmus einer Zahl in einem System mit beliebiger Grundzahl bequem ablesen, ebenso Potenzen von Zahlen mit gebrochnen oder hohen Exponenten. Wenn *ein Paar* von E-Skalen gebraucht wird, eine in der angegebenen Lage, die zweite unter dem Schieber durch Klammern gehalten, so liest man mit Hülfe des Läufers zu jeder Zahl a auf der einen Skale den Betrag a^b auf der andern ab, wobei b je nach der relativen Lage der zwei Skalen jeder beliebige Wert gegeben werden kann. Der Verf. macht schließlich auf eine Verbesserung aufmerksam, die an dem neuen Schieber angezeigt und leicht anzubringen ist, um ihn zu dem „prosaischen, aber sehr nützlichen Geschäft der Messung einer Länge“ tauglicher zu machen.

Hammer.

Metallmanometer als Hochdruckpräzisionsmesser.

Von E. Wagner. *Ann. d. Physik* **15.** *S. 906. 1904.*

Verf. hat sich in der vorliegenden Arbeit (Anszug aus der Münchener Dissertation) die Aufgabe gestellt, die Meßgenauigkeit zu ermitteln, die mit Hochdruckmanometern zu erreichen ist, und zu diesem Zwecke zwei gute Federmanometer mit dem Amagatschen Manometer eingehend verglichen.

Zur Messung hoher Drucke kommen hauptsächlich drei Methoden in Betracht. Die erste, unmittelbarste Methode mißt den Druck durch Quecksilbersäulen von einigen hundert Meter Höhe. Sie läßt sich jedoch nur unter besondern örtlichen Verhältnissen anwenden, wie es Amagat in tiefen Brunnen- und Bergwerksschächten oder Cailletet am Eiffel-Turm tat.

Die zweite Methode, welche als Gewichtsmethode zu bezeichnen ist, mißt die Kraftwirkung des Drucks auf einen beweglichen Stempel in Gravitationsmaß durch Gewichte. Sie wird zurzeit bei der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt zur Prüfung von Hochdruckmanometern benutzt[1]), gestattet ein bequemes und rasches Arbeiten, hat aber mit einer gewissen Unempfindlichkeit der dabei angewendeten Druckwage zu kämpfen, die durch die Reibung des Stempels im Hohlzylinder verursacht wird.

Die Indifferenzbreite, d. i. der Unterschied der Drucke, welche im steigenden oder fallenden Sinne die erste Bewegung des Kolbens hervorrufen, betrug bei den ersten Versuchen bei 20 *kg* nahezu 2 *kg*, ist aber später durch starkes Beklopfen des Apparats so weit

[1]) *Diese Zeitschr.* **14.** *S. 307. 1894; Zeitschr. f. kompr. u. flüss. Gase* **1.** *S. 8. 1897.*

verkleinert, daß sie bei 20 *kg* durchweg nur noch 0,1 bis 0,2 *kg* ausmachte, ja manchmal sogar ganz verschwand.

Durch Benutzung eines rotierenden Stempels ist es neuerdings gelungen, die Empfindlichkeit noch weiter zu steigern, sodaß die Indifferenzbreite für Drucke bis 300 *kg* nur noch einen Betrag von 0,02% hatte[1]), während für höhere Drucke allerdings der Einfluß der Reibung größer zu sein scheint. Doch sind die Versuche darüber noch nicht abgeschlossen. Es ist aber nicht in Abrede zu stellen, daß der Gewichtsmethode andere Mängel anhaften; um z. B. möglichst kleine Gewichte zu benutzen, muß die Druckfläche klein sein, also ein möglichst dünner Stempel verwendet werden, wofür aber wieder durch die Festigkeit des Stahls eine untere Grenze gesetzt ist.

Die dritte Methode absoluter Hochdruckmessung endlich vereinigt in sich die Vorzüge der Empfindlichkeit und des unbeschränkten Bereiches. Der hierzu benutzte Apparat ist das Desgoffesche Manometer, das nach seinem technischen Vollender vorzugsweise als das Amagatsche Manometer *à pistons libres* bezeichnet wird[2]). Hier können nach dem Prinzip der hydraulischen Presse ohne Anwendung großer träger Massen beliebig große Kräfte zur Erhaltung des Gleichgewichts gegen den Hochdruck geschaffen werden. Es gelang Amagat mit wenigen Kombinationen verschiedener Kolben, einen Druckbereich bis über 3000 Atm zu umfassen, obwohl die höchste verfügbare Quecksilbersäule nur 5,2 *m* betrug, wobei die Indifferenzbreite bis auf unmerkliche Beträge herabgemindert ist.

Die wichtigste Konstante des Amagatschen Manometers ist das Übertragungsverhältnis der Drucke, d. i. der Maßstab, in welchem die zu messenden hohen Drucke als reduzierte und unmittelbar bestimmbare Quecksilbersäulen auftreten. Dieser Maßstab ist durch das Verhältnis der beiden Kolbenquerschnitte gegeben, von denen jeder den seiner Fläche umgekehrt proportionalen Druck aufnimmt.

Verf. hat zur Bestimmung dieses Übertragungsverhältnisses zwei Methoden angewendet, einmal die direkte durch Ausmessung der Dimensionen der Kolben und Zylinder und zweitens eine experimentelle.

Der große Bronzekolben hatte einen Durchmesser von etwa 40 *mm*, die zwei kleinen Stahlkolben von etwa 5 und 4 *mm*, sodaß zwei Übertragungen, etwa 60 und 100, möglich sind.

Die dünnen Stahlkolben wurden mit einem Wildschen Sphärometer gemessen, dessen Schraubenwerte mit einem von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt geprüften Abbeschen Dickenmesser kontrolliert waren. Es wurde gefunden für den Durchmesser des dickeren Stahlkolbens $5{,}128 \pm 0{,}002$ *mm*, für denjenigen des dünnen $4{,}076 \pm 0{,}002$ *mm*.

Der Durchmesser des Bronzekolbens wurde mit dem Abbeschen Dickenmesser zu $40{,}176 \pm 0{,}002$ *mm* bestimmt.

Die Durchmesser der Hohlzylinder wurden durch Auswägung mit Quecksilber ermittelt, wobei sich für den Hohlzylinder des dickeren Stahlkolbens als Durchmesser 5,138 *mm*, für den Hohlzylinder des dünnern Kolbens 4,088 *mm* ergab.

Die Durchmesser der Hohlzylinder sind demnach um etwa 0,01 *mm* größer als diejenigen der Kolben, und es fragt sich, welchen Anteil nimmt die dünne, zwischen Kolben und Zylinder strömende Flüssigkeitsschicht an dem wirklichen „funktionellen" Querschnitt, der für den Druck in Betracht kommt.

Für geometrisch vollkommene Zylinderformen, stationäre Strömung und sehr dünne Zwischenschicht werden die Reibungskräfte an der Kolben- und an der Zylinderoberfläche einander gleich und jede also gleich der Hälfte der hydrostatischen Kraft des Druckes auf die ringförmige Zwischenfläche. Es ergibt sich demnach als funktionelle Druckfläche die mittlere Fläche zwischen Voll- und Hohlzylinderquerschnitt.

Um nun nach der zweiten Methode die wirksamen Druckflächen experimentell zu messen, wird nach folgendem Prinzip verfahren.

[1]) *Diese Zeitschr.* **23.** *S. 176. 1903.*

[2]) E. H. Amagat, *Ann. de chim. et de phys.* **29.** *S. 70. 1893;* vgl. auch Kohlrausch, Lehrbuch der praktischen Physik. 10. Aufl. *S. 138.*

Man läßt einen bekannten und genügend genau meßbaren Quecksilberdruck p auf den zu bestimmenden Kolben wirken und mißt die Kraft K in Gewichten, welche dieser Druckkraft das Gleichgewicht hält. Der funktionelle Querschnitt Q des betreffenden Kolbenzylindersystems ist dann gleich K/p.

Dies wird für beide Kolben einzeln ausgeführt, und der Quotient der ermittelten Druckflächen liefert dann das Übertragungsverhältnis.

Wegen der Technik und der Einzelheiten bei der praktischen Ausführung dieses Verfahrens sei auf die Originalabhandlung verwiesen, hier möge nur noch eine Zusammenstellung der mit der Gewichtsmethode und der auf dem Wege der direkten Ausmessung von Kolben und Zylinder gewonnenen Resultate folgen.

	Großer Stahlkolben	Kleiner Stahlkolben	Messingkolben
	mm	*mm*	*mm*
Durchmesser des Hohlzylinders d_2	5,138	4,088	—
„ „ Vollzylinders d_1	5,128	4,076	40,176
Funktioneller Durchmesser, berechnet, $D = d_1 + \frac{d_2 - d_1}{2}$	5,133	4,082	—
„ „ experimentell bestimmt	5,127	4,076	40,189

Die Differenzen zwischen den berechneten und experimentell bestimmten Werten sind zwar nicht unerheblich, aber nicht größer, als zu erwarten ist. Verf. gibt der experimentellen Methode den Vorzug und erhält demnach die beiden Übersetzungsverhältnisse:

für den großen Stahl- und Messingkolben: $n_1 = 61{,}45 \pm 0{,}03$,
„ „ kleinen „ „ „ : $n_2 = 97{,}22 \pm 0{,}05$.

Das benutzte Amagatsche Manometer gehörte dem Physikalischen Institut der Universität München und ist von Gindre Frères & Co. in Lyon verfertigt. Es war in einem 7 *m* hohen geräumigen Zimmer von recht konstanter Temperatur aufgestellt. Der Verf. benutzte immer das kleinere Übersetzungsverhältnis 61,45 und den maximalen Druck von 300 Atm., sodaß die Quecksilberhöhe noch nicht 4 *m* betrug.

Die Messung der Quecksilbersäule geschah von einer Leiter aus an einem in Millimeter geteilten Stahlbandmaß, das mit seiner am untern Ende angebrachten Schlinge an dem Abschlußhahn des Quecksilbersteigrohres hing, oben über zwei in der Decke befestigte Rollen lief und durch ein Gewicht sich straff spannte.

Der Druck wurde durch eine Cailletetsche Pumpe erzeugt; zwischen ihr und dem Amagatschen Manometer waren in die druckvermittelnden Kupferkapillaren eingeschaltet erstens das zu prüfende Federmanometer, zweitens die große Stahlbombe mit einem unter Quecksilberabschluß stehenden Luftvolumen (als Polster gegen rasche Druckänderungen) und drittens ein Ducretetscher Abschlußhahn, der das Amagatsche Manometer vom Druck zu entlasten erlaubte trotz Dauerdruck im Federmanometer.

Das Amagatsche Manometer zeigte eine hohe Empfindlichkeit, indem es geringen Druckschwankungen von $\pm 0{,}5$ Atm. fast gleichzeitig mit den Quecksilber-Niveauschwankungen folgte und mehrere Quecksilbereinstellungen nahezu vollkommene Übereinstimmung ergaben. Die Differenzen der Quecksilberstände zu gleicher Zeigereinstellung des Federmanometers betragen fast nie mehr als $^1/_2$ *mm*, weiter ging aber die Ablesbarkeit des Meniskus am Bandmaß nicht.

Obwohl diese gute Übereinstimmung einen genügenden Beweis für die geringe Indifferenzbreite des Amagatschen Manometers liefert, so wurde doch noch durch einen besonderen Versuch diese quantitativ zu ermitteln gesucht und zu höchstens 0,2 *mm* Quecksilber gefunden. Dies bedeutet in unserm Fall, daß schon eine Kraft von 3,5 *g* das Kolbensystem in seinen zähen Flüssigkeiten, Sirup und Rizinusöl, in Bewegung setzen kann.

Der Genauigkeitsgrad einer Druckmessung mit dem Amagatschen Manometer für die vorliegenden Verhältnisse ergibt sich demnach für absolute Druckwerte zu $\pm 0{,}5$ Promille (obere

Fehlergrenze in der Bestimmung der funktionellen Querschnitte) und für relative Messungen zu ± 0,025 Atm. für den ganzen Druckbereich. Bei dem Übertragungsverhältnis 61,45 entsprach einer Atmosphäre beim Amagatschen Manometer etwa 12 *mm* Quecksilber im Steigrohr.

Bei der Prüfung der Federmanometer kamen in Betracht der Temperatureinfluß und die elastische Nachwirkung. Ersterer ergab sich in Übereinstimmung mit den Untersuchungen der Reichsanstalt über den Temperaturkoeffizienten für die Elastizität von Federn bei Aneroidbarometern, Manometern und Indikatoren zu 0,0004 pro Einheit und Grad.

Der Temperaturkoeffizient fand sich für die beiden untersuchten Manometer etwas verschieden, für das Magdeburger Manometer gleich 0,00033, für das Genfer Manometer gleich 0,00052. Die Federn beider Manometer waren demnach jedenfalls aus verschiedenen Materialien.

Hiernach ist der Temperatureinfluß von nur 1° schon in Betracht zu ziehen, da er bei 300 Atm. z. B. eine für die Empfindlichkeit des Instruments wohl bemerkbare Änderung von 0,06 Atm. ausmacht, alle Angaben der Manometer sind daher auf die Normaltemperatur von 15° bezogen.

Aus einem Versuch ergab sich auch deutlich eine thermische Nachwirkung, indem eine Vergleichung der Manometer einen Tag nach der Erwärmung auf 40° eine Depression der Angaben von 0,13 Atm. zeigte. Diese Depressionserscheinung wird durch gelegentliche Beobachtungen der Reichsanstalt bestätigt.

Übrigens setzt sich der Temperatureinfluß aus zwei Ursachen zusammen. Einmal bewirkt die Veränderung der Temperatur eine Veränderung der elastischen Kräfte, und zum zweiten tritt eine Nullpunktsverschiebung ein, die sich aus einer thermischen Verschiebung der Skale gegen die Bourdonsche Röhre erklären läßt.

Die Erscheinungen der elastischen Nachwirkung machen die für Meßzwecke unerläßliche Bedingung einer eindeutigen Beziehung zwischen Deformation (Zeigerstellung) und Kraft (Druck) zu einer unerfüllbaren; zur nämlichen Zeigerangabe gehören im allgemeinen verschiedene Drucke. Auf die Größe des gesuchten wahren Druckwertes wirkt streng genommen die ganze Vorgeschichte der Beanspruchung ein, die unmittelbare Vergangenheit jedoch in überwiegendem Maße. Letzteres ist wesentlich und vorteilhaft für die Zwecke der Messung, weil hiernach nach gleicher unmittelbarer Vergangenheit auch gleiche und vergleichbare elastische Verhältnisse zu erwarten sind: also eine merkliche Eindeutigkeit zwischen Druck und den Angaben des Manometers.

Von dem Grad dieser Konstanz der Angaben nach einer möglichst gleichen unmittelbaren Vorgeschichte hängt die obere Grenze der Leistungsfähigkeit des Metallmanometers ab. Mit Rücksicht auf praktische Zwecke wurde eine Erholungszeit während einer Nacht als jene unmittelbare Vorgeschichte gewählt, und dann wurden zunächst nur die Angaben bei steigendem Druck verglichen. Die Vergleichung ist ferner für das Magdeburger Manometer, das wegen seiner unvergleichlich genaueren Einstellungsschärfe und Übertragungsmechanik des Zeigers naturgemäß bevorzugt wurde, über eine Gesamtprüfungszeit von über einem Jahr ausgedehnt worden, damit sich über dauernde Änderungen ein Urteil gewinnen ließ.

Aus den vom Verf. mitgeteilten Tabellen geht hervor, daß die Konstanz der Angaben bei dem Magdeburger Instrument so groß ist, daß die Einzelwerte unbedenklich zu Mittelwerten vereinigt werden konnten, während beim Genfer Instrument deutlich dauernde und recht beträchtliche Änderungen auftraten. Als obere Grenze der Meßleistung ergab sich für das Magdeburger Manometer ± 0,08 Atm.

Verf. hat dann noch eine Reihe eingehender Untersuchungen ausgeführt über die gesetzmäßigen Nachwirkungen bei typischen Gebrauchsweisen des Manometers, insbesondere über die Änderungen der Deformationskurven bei steigendem oder fallendem Druck und unter dem Einfluß verschiedener Tempi der Druckänderungen, sowie auch über die Einwirkung anomaler Gebrauchsweisen auf die Manometerangaben, doch muß wegen der Einzelheiten auf das Original verwiesen werden. Es möge hier schließlich noch eine kurze Zusammenfassung der Ergebnisse Platz finden.

1. Die experimentelle Bestimmung der funktionellen Druckflächen des Amagatschen Manometers erlaubte es, seine absoluten Angaben auf ± 0,5 Promille zu verbürgen. Seine Empfindlichkeit war ± 0,025 Atm.

2. Das mit diesem Normalmanometer untersuchte Magdeburger Federmanometer gestattete in seinem ganzen Druckbereich unter gleichen Gebrauchsbedingungen überall eine Konstanz seiner Angaben auf ± 0,08 Atm. Für typische Gebrauchsweisen des Manometers ist unter Berücksichtigung des Einflusses von Temperatur und elastischer Nachwirkung die größte Genauigkeit, die mit dem Manometer zu erhalten ist, ± 0,11 Atm.

Verzichtet man auf die Korrektionen der elastischen Nachwirkung, so kann für die gewöhnlichen Verwendungsweisen die Fehlerbreite ± 0,2 Atm. gelten, die nur in Ausnahmefällen auf ± 0,5 Atm. ansteigen kann.

Das Genfer Instrument zeigte zwar qualitativ überall ein gleiches Verhalten, gestattete aber seiner verschiedenen Mängel wegen nur eine Genauigkeit von ± 0,5 %.

3. Bezüglich der Erklärungsweise der vielgestaltigen Erscheinungen an elastischen Deformationszyklen ließen sich die bekannten Gesetze der elastischen Nachwirkung als die bedingenden Faktoren überall wiedererkennen. *Wb.*

Die Beseitigung der Gas-Wirkung bei Experimenten über den Lichtdruck.

Von G. F. Hull. *Phys. Rev.* **20.** *S. 292. 1905.*

Die größte Schwierigkeit bei den Experimenten, welche Lebedew (vgl. das Referat in *dieser Zeitschr.* **22.** *S. 57. 1902*) und später Nichols und Hull (vgl. *diese Zeitschr.* **24.** *S. 87. 1904*) über den Lichtdruck anstellten, war die Beseitigung der durch die umgebende Luft hervorgerufenen Störungen. Der Verf. bespricht die früher getroffenen und neue Anordnungen zu diesem Zweck.

Eigens angestellte Versuche zeigen, daß Konvektion nur störend wirkt, wenn die bestrahlten Flügel nicht genau vertikal stehen. Die vertikale Lage wird daher mit einer optischen Anordnung festgestellt. Um die eigentliche radiometrische Wirkung — die von dem verschiedenen Druck der Gasmoleküle auf die verschieden erwärmten Seiten des Flügels herrührt, und die daher bei versilberten Glasplättchen beträchtlich kleiner ist als bei geschwärzten — völlig zu beseitigen, umgibt der Verf. den bestrahlten Flügel mit einem durchsichtigen Gehäuse, welches mitsamt dem darin befestigten Flügel an der Torsionsvorrichtung seitlich aufgehängt ist. Da die radiometrische Wirkung dann innerhalb des geschlossenen Gehäuses sich abspielt, kann sie keine Kraft auf das ganze System ausüben. In der Tat erreicht der Verf. dies Resultat, wenigstens innerhalb der Druckgrenzen 30 bis 70 *mm* Hg. *Dst.*

Kompensationsapparat mit konstantem kleinen Kompensationswiderstand.

Von H. Hausrath. *Ann. d. Physik* **17.** *S. 735. 1905.*

Das Grundelement, aus welchem der Apparat aufgebaut ist, besteht aus der in Fig. 1. wiedergegebenen Anordnung. Die beiden Reihen *L* und *R* von Widerständen sind so abgeglichen, daß bei jeder Stellung der an einem gemeinsamen Schlitten verschiebbaren Kontakte *KK* zwischen den Zuleitungsschienen *U* und *O* der Widerstand 1 Ohm liegt. Die zur Seite geschriebenen Zahlen bedeuten die reziproken Werte des Widerstandes zwischen den betreffenden Kontaktklötzen und *U* bezw. *O* und geben zugleich den Bruchteil der Gesamtstromstärke, welcher bei der zugehörigen Schlittenstellung in dem betreffenden Zweige fließt, und damit also auch die Spannung an dem festen Einheitswiderstande zwischen *U* und *P* bezw. *O* und *R*, an welchem kompensiert wird.

Mit dieser Anordnung ist der in Fig. 2 schematisch dargestellte Apparat konstruiert. Zwei der obigen Anordnungen (*I* und *II*) sind an beiden Enden durch gleich starke Drähte mit Schleifkontakten (*k* und *k'*) verbunden. An diesen Schleifkontakten, die an einem gemeinsamen Schlitten sitzen, erfolgt die Stromzuleitung, sodaß die beiden Anordnungen parallel geschaltet sind.

w_1 und w_2 sind feste Vorschaltwiderstände, welche den Widerstand und damit die Stromstärke in beiden Zweigen gleich machen (ganz unabhängig von der Stellung des Kontaktschlittens kk', da stets der eine Kontakt ebensoviel einschaltet, wie der andere ausschaltet). Dabei ist jedoch der Anordnung *II* ein Widerstand von $^1/_9$ Ohm parallel geschaltet, wodurch die Stromstärke in *II* auf den zehnten Teil derjenigen in *I* sinkt. Nimmt man die Spannung zwischen den Punkten P_1 und P_2, so ist zu beachten, daß man die Differenz der Spannungen zwischen diesen Punkten und dem Stromzuleitungskontakt k erhält. Steht

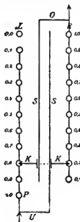


Fig. 1.

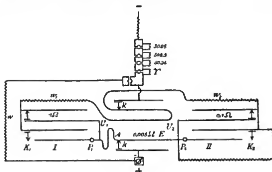


Fig. 2.

letzterer in der Mitte des Verbindungsdrahtes $U_1 U_2$, so geben die beiden Anordnungen *I* und *II* zwei Dekaden für die Spannungsteilung. Die feinere Teilung wird durch Verschieben des Schlittens kk' gemacht. Um hier im Verschiebungsbereich eine Einheit der zweiten Dekade (entsprechend 0,01 Ohm) zu haben, muß der Meßdraht einen Widerstand von 0,005 Ohm besitzen (denn die Differenz der Spannungen zwischen k und P_1 und zwischen k und P_2 wächst um das Doppelte der Verschiebung).

Daß die Zuleitung des Hauptstromes an Schleifkontakten erfolgt, wird vom Verf. selbst als der schwächste Punkt der Konstruktion hervorgehoben. Immerhin ist zu berücksichtigen, daß die Schleifdrähte wegen des geringen Widerstandes (0,005 Ohm) sehr dick (5 *mm*) sein können. *Dst.*

Beiträge zur Kenntnis der stetigen und stufenweisen Magnetisierung.

Von Fr. Rücker. *Inaugural-Dissertation, Halle a. S. 1905; Nachtrag: Elektrotechn. Zeitschr. 26. S. 979. 1905.*

Daß bei der Magnetisierung einer Eisenprobe in einer Spule der magnetische Zustand bis zu einem gewissen Maße davon abhängt, ob der Magnetisierungsstrom in großen oder in kleinen Sprüngen bezw. stetig geändert wird, ist durch die Untersuchungen von Ewing, Fromme, Gumlich und Schmidt u. A. bekannt. Die letzteren benutzten die magnetometrische Methode, sie untersuchten also denjenigen magnetischen Zustand, welchen die verwendeten Ellipsoide erst nach Verlauf einiger Zeit (beispielsweise einer Minute) angenommen hatten; der Verf. will im Anschluß daran ermitteln, ob auch die ballistische Methode, welche ja Aufschluß über den magnetischen Zustand der Probe unmittelbar nach der Magnetisierung gibt, zu den gleichen Ergebnissen führt.

Als Probeobjekte verwendete der Verf. mehrere mit Primär- und Sekundärwickelung versehene Ringe aus weichem Eisen, gehärtetem Wolframstahl, Blumendraht und hartem Stahldraht. Bei den Versuchen wurden immer ganze Magnetisierungsschleifen durchlaufen, und zwar lag das Maximum der erreichten Feldstärke bei etwa $\mathfrak{H} = 1{,}5$; 10; 50 und 125. Ein sinnreich konstruierter Vorschaltwiderstand gestattete, diese maximale Feldstärke mit 1, 2, 3, 4, 6, 8, 12 und 24 unter einander gleichen Sprüngen zu erreichen, die somit um so kleiner

ausfielen, je größer die Anzahl der Unterteilungen war. Hierbei wurde die Annahme gemacht, daß die Unterteilung in 24 Stufen einer stetigen Änderung bereits recht nahe kommen würde. Dies ist nun insofern nicht der Fall, als die Magnetisierung bekanntlich nur oberhalb des sog. Knies angenähert der Feldstärke proportional verläuft, während an den steilen Stellen der Schleife nur eine sehr geringe Änderung der Feldstärke dazu gehört, um bereits eine beträchtliche Änderung der Induktion hervorzubringen. So betrugen denn allerdings bei den niedrigen Zyklen die kleinsten Sprünge beim Durchgang durch den Wert Null nur etwa 180 Induktionslinien, bei den hohen Zyklen dagegen 11000 bezw. 20000 und, da gerade beim Durchlaufen dieser Strecken die größten Änderungen aufzutreten scheinen, so können die vorliegenden Versuche nach dieser Richtung nicht als erschöpfend betrachtet werden.

Der Verf. fand nun zum Teil sehr beträchtliche Differenzen (beim weichen Eisen bis 28 %) zwischen den Induktionen, welche die gleichen maximalen Feldstärken bei Verwendung verschieden großer Sprünge hervorriefen, und zwar fällt diese maximale Induktion um so niedriger aus, je zahlreicher die eingeschobenen Stufen, also je kleiner die Sprünge sind. Dies Resultat entspricht den bisherigen Erfahrungen, neu aber ist das Ergebnis, daß der Einfluß der Stufenzahl auf den magnetischen Zustand bei den Zyklen am größten ist, wo das Maximum der verwendeten Feldstärke ungefähr mit dem Maximum der Permeabilität des Materials zusammenfällt. So tritt beim weichen Eisen der größte Unterschied (28 %) bereits bei den Schleifen mit $\mathfrak{H} = 1{,}5$ auf, beim harten Stahl dagegen erst bei $\mathfrak{H} = 50$ (etwa 10 %), und entsprechende Resultate lieferten auch die beiden Drahtringe. Überall zeigte sich ferner die auch früher schon gefundene Tatsache, daß bei den bis nahe zur Sättigung reichenden Schleifen, wo also die Permeabilität wieder ziemlich gering geworden ist, ein Einfluß der Sprünge überhaupt nicht mehr nachgewiesen werden kann.

Zum Vergleich zog der Verf. auch einige Beobachtungen nach der magnetometrischen (sog. „unipolaren") Methode heran, die er mit Stücken aus demselben Blumen- bezw. Stabldraht ausführte, aus denen zwei Ringe gewickelt waren. Auch hier ergab sich eine Abhängigkeit des magnetischen Zustandes von der Stufenzahl, doch betrug der größte Unterschied in der Maximalinduktion nur etwa 1,4 % gegen etwa 10 % bei den Ringen.

Diese starken Differenzen zwischen den Ergebnissen der ballistischen und der magnetometrischen Methode legten die Vermutung nahe, daß bei den ballistischen Messungen die sog. magnetische Nachwirkung (Viskosität) eine beträchtliche Rolle spielt; denn da das Galvanometer bereits nach 3,5 Sek. seinen ersten Ausschlag beendigt hatte, so mußten etwaige noch später eintretende magnetische Änderungen der Beobachtung verloren gehen. Tatsächlich erfolgte auch, als der Verf. erst eine gewisse Zeit nach Änderung des Primärstroms den sekundären Kreis schloß, fast stets noch ein mehr oder weniger großer Galvanometerausschlag, und zwar ließen sich derartige Nachwirkungen in Ausnahmefällen bis zu 30 Sek. verfolgen. Indem der Verf. die Ausschläge beobachtete, welche eintraten, wenn der Sekundärkreis erst 1, 2, 3, 5, 8, 15 Sek. nach Änderung des Magnetisierungsstroms geschlossen wurde, und annahm, daß der Verlauf des Induktionsstoßes einer Exponentialfunktion entspricht, deren Konstanten sich aus den beobachteten Werten mit ziemlicher Sicherheit berechnen ließen, gelangte er zu dem Ergebnis, daß die bei den ballistischen Messungen auftretenden Differenzen zwischen den großen und kleinen Sprüngen sich bis auf etwa 6 bis 8 % durch die magnetische Nachwirkung erklären lassen. Der nicht von der letzteren herrührende Rest entspricht aber der Größenordnung nach ungefähr den Differenzen, welche auch Gumlich und Schmidt bei ihren magnetometrischen Messungen, bei denen also die Viskosität keine maßgebende Rolle mehr spielte, gefunden hatten.

In der späteren Notiz in der Elektrotechnischen Zeitschrift berichtet der Verf. über einige ergänzende Versuche, welche den obenerwähnten Bedenken des Ref. Rechnung trugen. Tatsächlich ergab sich das erwartete Resultat, daß bei einer Unterteilung der Schleifen nach gleichen Induktionen (statt nach gleichen Feldstärken) die Maximalinduktion merklich niedriger ausfiel, da sich gerade an den steilen Kurventeilen die Nachwirkungserscheinungen besonders stark geltend machen. *Glch.*

Neu erschienene Bücher.

A. Gleichen, Einführung in die medizinische Optik. gr. 8°. X, 276 S. m. 102 Fig. Leipzig, W. Engelmann 1904. 7 M.

Die geometrische Optik stellt sich wie manche andere Theorien der exakten Naturwissenschaften als ein Gebäude mathematischer Schlüsse aus wenigen Erfahrungstatsachen dar; die Methode, der sie ihre Ausbildung verdankt, schreibt das *μηδεὶς ἀγεωμέτρητος εἰσίτω* vor ihre Eingangspforte. Sie liefert aber das Handwerkszeug für andere Zweige der Wissenschaft und Technik, teils durch ihre Konstruktionen, teils durch ihre theoretischen Ergebnisse; und doch bleibt sie jenen Forschern oder Praktikern, die sich ihrer Leistungen beständig bedienen müssen, in den meisten Fällen unbekannt, wenn man von den elementaren Ansätzen und einigen aus der mathematischen Sprache zurückübersetzten Resultaten absieht. Der Zwiespalt zwischen der reichen, besonders der neueren Entwickelung der geometrischen Optik und dem Verständnis der meisten Benutzer optischer Instrumente ist bekannt genug. Dieser natürliche, in mancher Hinsicht die Entwickelung der Optik selbst lähmende Übelstand scheint zunächst auf dem Gebiete der Ophthalmologie sich weniger geltend zu machen. Die Augenärzte haben (wie die Astronomen) das Werkzeug der geometrischen Optik nicht nur lange Zeit selbständig angewendet, sondern auch vermehrt, und besonders in letzter Zeit hat die Ausbildung der Dioptrik des Auges der allgemeinen Theorie wichtige Anregungen zurückgegeben. Aber natürlich war diese Wirksamkeit nur wenigen vergönnt; die Mehrzahl sieht sich durch die mathematische Form von selbständiger Arbeit auf diesem Gebiete, ja sogar vom Verständnis der komplizierten neuesten Untersuchungen ihrer Fachgenossen ausgeschlossen.

Hr. Gleichen unternimmt es, diese Lücke auszufüllen und unter Voraussetzung nur der allerersten mathematischen Anfangsgründe „die Prinzipien der geometrischen Optik in ihrer Anwendung auf die Ophthalmologie in methodischer Weise darzustellen“. Wer ähnlichen pädagogischen Aufgaben praktisch gegenübergestanden hat, wird die Schwierigkeit, jeder, der die Klagen der optischen Konstrukteure über das mangelnde Interesse des Publikums kennt, das Verdienst des Unternehmens einzuschätzen wissen. Der Verf. bevorzugt die Methode vor der Systematik, er stellt das Leichte vor das Schwere, den Spezialfall vor den allgemeinen, begleitet jede Gleichung mit Zahlenbeispielen; seine Form ist klar und verständlich; an schwierigen Stellen sucht er den ängstlichen Leser, wie man es beim mündlichen Vortrag zu tun pflegt, durch den Ton und die besondere Ausführlichkeit der Darstellung zu beruhigen. „Schwierigere“ mathematische Erörterungen sind durch kleineren Druck gekennzeichnet.

Diese Vorzüge der Darstellung werden dem Buche eine nützliche Verbreitung sichern. Gegen den Inhalt, zu dem Hr. Gleichen vielfach eigene Arbeit beigesteuert hat, glaubt der Ref. mehrere Einwände erheben zu müssen.

In einer „mathematischen Einleitung“ (5 S.) schickt der Verf. einige einfache Definitionen und Sätze voraus. Die folgenden Kapitel behandeln die Grundeigenschaften des Lichtes (auch die einer Wellenbewegung überhaupt, wobei die kurze Besprechung der elektrischen Wellen manchem willkommen sein wird) (16 S.); die Brechung und Reflexion an einer Kugelfläche (11 S.), die durch die sofortige Anwendung auf das aphakische Auge schmackhafter gemacht wird; die dünnen Linsen (15 S.) (die Produkte aus der Dioptrieenzahl und der alten Brillennummer sind für die ausländischen Zollmaße falsch berechnet); die Brechung des Lichtes durch zentrierte Systeme (14 S.); das optische System des emmetropischen Auges (23 S.), dessen Darstellung u. a. durch Matthiessons Ermittelungen für andere Säugetiere und Maxwells aberrationsfreie Abbildung im Fischauge belebt wird. Vielleicht ist es aber gerade für den Zweck des Verf. selbst bedauerlich, daß er den erweiterten Dioptrieenbegriff Gullstrands[1]) ablehnt (vgl. S. 45); er schätzt jedoch die Anschaulichkeit höher ein als die

[1]) A. Gullstrand, *v. Gräfes Archiv f. Ophthalm.* **49.** *S. 46. 1899.*

formale Vereinfachung der **Gullstrand**schen Ausdrucksweise, bei der nur Additionsformeln auftreten. Sollte nicht übrigens für den Augenarzt öfters eine bessere Bestimmung der Brillenstärken zu empfehlen sein?

Das folgende Kapitel (33 S.) behandelt die Akkommodation, die Refraktionsanomalien und ihre Korrektion, die Sehschärfe und die Tiefe. Hier ist zu bemerken, daß **Gleichen** die Objektentfernung stets vom vordern Brennpunkte des Auges mißt. Bekanntlich kann man die Brille etwa als eine im vordern Brennpunkt des Auges stehende dünne Linse auffassen. Nun ist die Akkommodationsbreite, das von M. v. **Rohr** richtiger Akkommodationsvermögen genannte Maß der Akkommodationsfähigkeit, definiert als die Stärke einer dünnen Linse, die den Fernpunkt in den Nahepunkt abbildete, wenn sie sich in dem Orte befände, von dem aus die Abstände dieser beiden Punkte gemessen werden. Ist dies der vordere Brennpunkt, so ist die Stärke dieser Linse offenbar dieselbe, wenn man vorher durch das Aufsetzen einer *am gleichen Ort* befindlichen Brille den Fern- und Nahepunkt in zwei andere Punkte verlegt (abgebildet) hat. Dies ist ein Vorteil gegenüber der Messung der Abstände vom vordern Hauptpunkt; bei dieser ändert sich die Akkommodationsbreite mit dem Aufsetzen der Brille in einer verwickelten, von M. v. **Rohr** (s. u.) angegebenen Weise.

Anders liegt die Frage, von welchem Punkte als Scheitel die Winkelwerte der Objekte zu bestimmen sind. Während bei allen Problemen, wo unscharfe Einstellung eine Rolle spielt, natürlich nur der Mittelpunkt der Eintrittspupille in Frage kommen kann, stehen bei scharfer Einstellung der vom vordern Brennpunkte und der vom vordern Hauptpunkte gemessene Winkel zur Verfügung, etwa α_b und α_h. Hier wurde von **Gullstrand**[1]) Klarheit geschaffen. Man will den Winkelwert eines Objektes nur dazu kennen, um ihn mit der Größe seines Netzhautbildes, und im besondern, um den kleinsten empfindbaren Abstand auf der Netzhaut mit dem kleinsten, noch aufgelösten objektseitigen Winkel in Beziehung zu setzen. Sei y' das Bild auf der Netzhaut, so ist (auf den vordern Brennpunkt bezogen)

$$y' = f \operatorname{tg} \alpha_b \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 1)$$

wenn f die vordere Brennweite ist; oder auch (auf den vordern Hauptpunkt bezogen)

$$y' = \frac{\xi'}{n'} \operatorname{tg} \alpha_h \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 2)$$

wenn ξ' die Entfernung des hintern Hauptpunkts von der Netzhaut und n' den Brechungsexponenten des Glaskörpers bedeutet.

Ebenso, wenn $\bar{y}'$ der kleinste, getrennte Empfindungen vermittelnde Abstand auf der Netzhaut ist, ist

$$\bar{y}' = f \operatorname{tg} \bar{\alpha}_b \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 1a)$$

$$\bar{y}' = \frac{\xi'}{n'} \operatorname{tg} \bar{\alpha}_h \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 1b)$$

wo $\operatorname{tg} \bar{\alpha}_b$ und $\operatorname{tg} \bar{\alpha}_h$ die (auf verschiedene Weise gemessene) Sehschärfe genannt werden.

Will man nun die y' oder $\bar{y}'$ mittels der Winkel messen (vergleichen), so muß der Faktor in der beide verbindenden Gleichung bekannt oder er muß wenigstens bei der Vergleichung (z. B. verschiedener Augen) konstant sein.

Nun ist der Faktor f ungeändert derselbe

a) bei der Vergleichung eines Auges mit und ohne Brille (die wie oben als dünne Linse im vordern Brennpunkt gilt), wenn sich der Akkommodationszustand nicht ändert;

b) bei der Vergleichung mehrerer Augen, die sich bei gleichem brechenden System nur durch die verschiedene Achsenlänge unterscheiden (von denen also nur eines emmetropisch sein kann; die andern sind „achsenametropisch").

---

[1]) A. **Gullstrand**, *Nord. Med. Ark.* **23.** *S. 9 u. 16. 1891.* Dem Ref. sind nur die Resultate dieser Arbeit in der **Heß**schen Darstellung (v. **Graefe-Saemischs** Handbuch) zugänglich.

Dagegen ist der Faktor ξ'/n' oder ξ', die Lage des hintern Hauptpunkts, dieselbe
c) bei der Vergleichung verschiedener Akkommodationszustände desselben Auges (Gullstrand);
d) bei der Vergleichung von Augen mit verschiedenem brechenden Apparate und gleicher Achsenlänge (wenn wir als Achsenlänge eben ξ' definieren).

In den Fällen a) und b) muß daher der Brennpunktswinkel, in den Fällen c) und d) der Hauptpunktswinkel zur Bestimmung der Bildgröße und zur Definition der Sehschärfe dienen (die Verschiebungen des vordern Hauptpunkts bei der Akkommodation können gegenüber den Objektabständen natürlich vernachlässigt werden).

Gleichen benutzt nur den Winkel α_b und übergeht das Gullstrandsche Resultat. Unsere etwas ausführliche Darstellung sollte nun zeigen, welchen Beschränkungen er dadurch unterliegt: er kann zunächst nur die beiden ersten Fälle [a) und b)] untersuchen. Unter diese fällt seine Vergleichung der Bildgröße in einem mit der Brille korrigierten achsenametropischen Auge mit der eines unbewaffneten emmetropischen, das dasselbe f besitzt[1]); ferner die Vergleichung der Sehschärfe verschiedener achsenametropischer (und zwar nur myopischer) Augen, die auf denselben Refraktionszustand (auf dasselbe f, z. B. das des Helmholtzschen akkommodierten Auges) gebracht werden[2]). Sobald der Verf. aber zu der (oben mit c) bezeichneten) Aufgabe übergeht, verschiedene Akkommodationszustände zu vergleichen, versagt seine Definition des Objektwinkels, der Faktor f in der Gleichung 1) oder 1a) ändert sich (die Verschiebung des vordern Brennpunkts spielt keine Rolle, wie Gleichen auch nachweist), und der Verf. gelangt nur zu komplizierten Näherungsformeln, indem er einen hyperbolischen Zusammenhang zwischen der Objektentfernung und der Brennweite annimmt.

Die Darstellung der Tiefe der Schärfe als einer Funktion der Blende (Pupille) ist wohl nicht deutlich genug von der des eigentlichen Abbildungsvorgangs im Auge getrennt. Auch sie leidet hauptsächlich darunter, daß der Verf. für den kleinsten, noch aufgelösten objektseitigen Winkel keinen von der Akkommodation unabhängigen Ausdruck kennt. So reduziert sich bei Gleichen das Problem der Tiefe der Sehschärfe beim beliebig akkommodierenden Auge auf das der Ermittelung seiner Brennweite und bleibt so eigentlich ungelöst. Kurz und erschöpfend ist es etwa gleichzeitig von M. v. Rohr behandelt worden[3]). Was die Darstellung betrifft, so sollte bei allen Fragen der unscharfen Einstellung die wesentlich vereinfachende Methode Abbes und M. v. Rohrs benutzt werden, die an die Stelle der unscharfen Abbildung eines nicht fokusierten Gegenstandes die scharfe Abbildung einer Projektionsfigur in der Einstellungsebene setzt[4]). Sie ergibt z. B. den von Gleichen abgeleiteten „Satz über die Zerstreuungskreise ferner Objekte“ sofort aus der bloßen Anschauung.

Infolge einer eigentümlichen Einteilung vereinigt das nächste Kapitel die chromatischen mit den Beugungsaberrationen (8 S.). Der „Versuch einer Erklärung dafür, daß die Dispersion des Auges nicht störend wirkt“, besteht in dem Nachweise, daß der Größenunterschied des roten und des blauen Bildes, wenn man beide Bilder auf eine mittlere Ebene projiziert, wegen der *Kleinheit des Gesichtsfeldes des direkten Sehens* unmerkliche Unschärfe ergibt; hierzu müßte die Überschrift lauten: Beweis dafür, daß die chromatische Vergrößerungsdifferenz im Auge keine Rolle spielt (wie überhaupt alle Fehlerglieder, die Funktionen des Gesichtsfeldes sind). Die chromatische Schnittweitendifferenz[5]) bleibt davon unberührt.

[1]) Dieses Verhältnis darf nicht mit der von andern Autoren mit Hülfe der Hauptpunktswinkel erörterten Vergrößerung des Bildes durch die Brille verwechselt werden, bei der dasselbe Auge dasselbe Objekt mit und ohne Glas betrachtend gedacht wird.

[2]) Dies erreicht Gleichen, indem er ihnen Schriftproben in je einer für jedes Auge bestimmten, aus der korrigierenden Brillenstärke leicht zu berechnenden „charakteristischen Entfernung“ darbietet.

[3]) M. v. Rohr im Handb. d. Physik, 2. Aufl., Bd. VI, 1 (Sonderabdruck aus: S. Czapski, Grundzüge der Theorie d. opt. Instrumente). *S. 267 und 326.*

[4]) Vgl. die Darstellung des Ref., *a. a. O. S. 248 u. flgde.*

[5]) In der Sprache der Gaußschen Theorie: Chromasie der Brennpunktsorte im Gegensatz zu der zuerst genannten Chromasie der Brennweiten.

Im achten Kapitel (19 S.) werden „die Farben- und Helligkeitsempfindung“ zusammengestellt; eine deutlichere Trennung der geometrischen, physikalischen und physiologischen Teile wäre in dieser Darstellung wohl wünschenswert. Die Konstante in der Gleichung für die Strahlung von einem Punkte aus heißt *nicht* die spezifische Intensität — dieser Ausdruck bezieht sich nur auf ausgedehnte Lichtquellen —; *diese* wird *nicht* nach Normalkerzen gemessen; zwei gleich gebaute und beanspruchte Glühlampen von 16 und 25 Kerzen haben dieselbe spezifische Intensität[1]). Das „Punktgesetz“ der Helligkeits-*Empfindung* wird nicht berührt. Wollte der Verf. es unerwähnt lassen, so durfte er als Beispiel nicht die Helligkeit des Leuchtturms wählen, die in vielen Fällen diesem Gesetze mehr als dem „Flächengesetze“ gehorcht.

Das neunte Kapitel (34 S.) behandelt den Astigmatismus. Zunächst wird die übliche, auf den Sturmschen Satz aufgebaute Näherungstheorie in klarster und elementarer (weil auf das Dupinsche Theorem aufgebauter) Darstellung entwickelt und zahlenmäßig auf ein schematisches Auge angewandt, dessen einer Hornhautradius eine beliebige Abweichung vom andern besitzt. Das Maß und die Korrektion des Astigmatismus werden nach dieser Theorie erörtert. Sodann wird die von Matthiessen u. A. angebahnte, von Gullstrand durchgeführte nächste Näherung besprochen. Das wirkliche Verständnis aller Näherungsrechnungen, besonders aber das Verständnis für verschiedene *Grade* der Annäherung ist im Kerne nur in der streng mathematischen Form der Darstellung zu erzielen. Mit Recht verläßt daher der Verf. hier den elementaren Weg — freilich unter Umstoßung des im übrigen Buche befolgten Leitsatzes — und entwickelt in immerhin sehr einfacher Form die Grundlagen der Gullstrandschen Betrachtung mit Benutzung von Differentialformeln. Mittels der charakteristischen Funktion stellt er die Gleichung der Wellenfläche auf, entwickelt sie nach zwei Koordinaten um einen Punkt herum; er zeigt, daß die erste Annäherung, die Berücksichtigung der zweiten Potenzen, die Wellenfläche als Paraboloid erscheinen läßt und zu den Sturmschen Sätzen führt; daß dagegen die Berücksichtigung dritter Potenzen die Gullstrandsche Näherungstheorie ergibt. Von dieser werden freilich nur einige Resultate, insbesondere die Einteilung nach den vorhandenen Symmetrieebenen und die Resultate seiner Rechnung für das schematische Auge angegeben. Doch wird damit für viele Leser eine Anregung und Anleitung zum Studium der Gullstrandschen Arbeiten, auch der neueren, die nächst höheren Glieder berücksichtigenden Theorie gegeben sein.

Das zehnte Kapitel (18 S.) behandelt die Brillen, besonders ausführlich ihre Aberrationen, den Astigmatismus, die sphärische Aberration, die chromatische Aberration auf der Achse, die Bildkrümmung, die Koma. Leider war dem Verf. das erst gleichzeitig mit seinem Buche im „Handbuch der Physik“ veröffentlichte (von M. v. Rohr so genannte) Gulistrandsche Prinzip natürlich noch nicht bekannt. Er entwickelt daher seine Betrachtungen über den Astigmatismus und die Koma unter der Annahme, daß sich die Hauptstrahlen in der Pupillenmitte schneiden, d. h. er behandelt diese Bildfehler für das ruhende Auge, für das indirekte Sehen — in dem kleinen Felde der Fovea spielen sie jedoch keine Rolle (wie Gleichen selbst (*S. 75*) für das unbewaffnete Auge richtig erkennt). Der Mittelpunkt der Hauptstrahlen muß vielmehr in den Drehungspunkt des Augapfels verlegt werden — eine Forderung, die Gullstrand zuerst in einem an die Zeißsche Werkstätte gerichteten Brief ausgesprochen hat.

Bedauerlicher ist es, daß der Verf. die Krümmung der Bildfläche nicht von der „Verzeichnung“ zu trennen vermag (§ 140), die nur eine Aberration der Hauptstrahlen ist.

Das elfte Kapitel (10 S.) enthält das Wichtigste vom zweiäugigen Sehen. Hier sollte die Basisstrecke nicht die Verbindungslinie der Knotenpunkte, sondern, dem sonst vom Verf. eingenommenen Standpunkte entsprechend, die der Pupillenmitten sein; richtiger ist freilich die Verbindungslinie der Drehungspunkte (v. Rohr). Die vom Unendlichen unterscheidbare Ent-

[1]) Über die photometrischen Grundbegriffe siehe die Darstellung des Ref., *a. a. O. S. 235 u. flgde.* und den Vortrag von Blondel, abgedruckt in der *Zeitschr. f. Beleuchtungswesen 1896. S. 359*, wo die Nomenklatur freilich auf die der geometrischen Optik keine Rücksicht nimmt.

fernung ist um die Hälfte zu klein berechnet. Dies liegt daran, daß nicht die stereoskopische Parallaxe ϵ von Helmholtz, sondern eine Strecke ϵ (die Gleichen fälschlich mit diesem Namen bezeichnet) zugrunde gelegt wird, die in dem von Gleichen allein betrachteten Spezialfalle gleich dem halben Unterschied der stereoskopischen Parallaxen der beiden zu trennenden Punkte, $\Delta\epsilon$, ist. Durch Summierung der für beide Augen entstehenden Verschiebungen ϵ würde auch die Gleichensche Betrachtung richtig und allgemein gültig werden, da $\epsilon_l + \epsilon_r = \Delta\epsilon$ ist.

Das zwölfte Kapitel bespricht die Refraktionsbestimmungen mit dem Optometer (3 S.), dem Augenspiegel (14 S.), der Schattenprobe (Skiaskopie) (12 S.). Auch einige Abschnitte dieser ausführlichen Darstellungen werden durch zwei der früher erhobenen Einwände berührt (die Nichtberücksichtigung der Konstanz des hintern *Hauptpunkts* bei der Akkommodation; die Vernachlässigung der Drehungen des beobachtenden Auges).

Im dreizehnten Kapitel wird eine knappe Übersicht über die Wirkung der Lupe (2 S.), des Mikroskops (15 S.) und des Zystoskops (3 S.) gegeben, die für viele Benutzer dieser Instrumente nützlich sein wird.

Das letzte Kapitel über chemische und biologische Wirkungen des Lichts und anderer Strahlungen (7 S.) hängt mit dem übrigen Buche nur durch dessen Titel zusammen.

Jena, im April 1905. *Eppenstein.*

O. Biermann, Vorlesungen üb. mathematische Näherungsmethoden. gr 8°. X, 227 S. m. 35 Abbildgn. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1905. 8 M.; geb. in Leinw. 8,80 M.

J. J. Thomson, Elektrizitäts-Durchgang in Gasen. Deutsche Ausg. unter Mitwirkg. d. Autors besorgt u. ergänzt v. Dr. E. Marx. In 3 Lfgn. gr. 8°. 1. Lfg. S. 1—217 m. 54 Fig. Leipzig, B. G. Teubner 1905. 6 M.

Anleitung zur Anstellung u. Berechnung meteorologischer Beobachtungen. Hrsg. vom königl. preuß. meteorol. Institut. 2., völlig umgearb. Aufl. 2. Tl. Besondere Beobachtungen u. Instrumente. Lex. 8°. III, 49 S. m. Abbildgn. u. 2 Taf. Berlin, A. Asher & Co. 1905. 2 M.

Publications *de circonstance du conseil permanent international pour l'exploration de la mer.* Lex. 8°. Nr. 24—26. 4, 6 u. 10 S. m. 4 Taf. Kopenhagen, A. F. Host & Son. 1,70 M.

24. V. W. Ekman, Kurze Beschreibung e. Propellstrommessers. Mit 1 Taf. — 25. O. Pettersson, Beschreibg. d. Bifilar-Strommessers. Mit 1 Taf. — 26. A. M. van Roosendaal u. C. H. Wind, Prüfung v. Strommessern u. Strommessungsversuche in der Nordsee. Mit 2 Taf.

Fr. Bidschof u. A. Vital, Fünfstellige mathematische u. astronomische Tafeln. Zum Gebrauch f. Mathematiker, Astronomen, Geographen u. Seeleute zusammengestellt u. mit Formelsammlgn. versehen. Ster.-Ausg. Lex. 8°. XVIII, 219 S. Wien, F. Deuticke 1905. Geb. in Leinw. 7,50 M.

O. D. Chwolson, Lehrbuch der Physik. 3. Bd. Die Lehre v. der Wärme. Übers. v. E. Berg. gr. 8°. XI, 988 S. m. 259 Abbildgn. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1905. 16 M.; geb. in Halbfrz. 18 M.

M. Abraham, Theorie der Elektrizität. 2. Bd. Elektromagnetische Theorie der Strahlg. gr. 8°. X, 405 S. m. 5 Fig. Leipzig, B. G. Teubner 1905. Geb. in Leinw. 10 M.

Aus Natur u. Geisteswelt. Sammlung wissenschaftlich-gemeinverständl. Darstellgn. 8°. Leipzig, B. G. Teubner. Jedes Bdchn. 1 M.; geb. in Leinw. 1,25 M.

17. L. Graetz, Das Licht und die Farben. 6 Vorlesgn. 2. Aufl. VI, 153 S. m. 116 Abbildgn. 1905.

A. H. Bucherer, Elemente der Vektor-Analysis. Mit Beispielen aus der theoretischen Physik. 2. Aufl. 8° VIII, 103 S. Leipzig, B. G. Teubner 1905. Geb. in Leinw. 2,40 M.

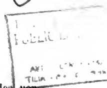
Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Kuratorium:

Redaktion: Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XXV. Jahrgang. **Dezember 1905.** Zwölftes Heft.



Über perspektivische Darstellungen und die Hülfsmittel zu ihrem Verständnis.

Von
M. von Rohr in Jena.

(Fortsetzung von S. 339.)

Die nächste Reihe der Hülfsmittel zur Erzielung eines virtuellen Bildes von richtiger scheinbarer Größe ist für eine Beobachtung mit beiden Augen eingerichtet.

Die große Bequemlichkeit, mit der sich ein jeder photographische Aufnahmen verschaffen kann, hat das Verständnis für diese Bilder sehr stark herabgedrückt, und die Freude des Kenners über die getreue und detailreiche Wiederholung der Erscheinung der Objekte am Aufnahmeorte wird immer seltener. Der weiterstrebende Amateur von heute wird vielmehr in der Regel den Ehrgeiz besitzen, seine Aufnahme aus einer „mechanischen" Wiedergabe der Natur zu einem „Kunstwerk" zu entwickeln. Nimmt man hinzu, daß die rein monokulare Betrachtung manchen Beobachtern Schwierigkeiten macht, so kann es nicht wundernehmen, daß viele Bestrebungen zu verzeichnen sind, auch für die binokulare Betrachtung gewöhnlicher Photogramme zu sorgen.

Es liegt nicht in dem Rahmen dieses Aufsatzes, über den Vorschlag zu handeln, identische Abzüge desselben Negativs in einem Stereoskop so darzubieten, daß beiden Augen dasselbe Bild unter den gleichen und für ein Einzelauge auch richtigen Gesichtswinkeln erscheine. Es würde übrigens auf dasselbe herauskommen, könnte man ein Linsensystem von einer den Augenabstand genügend übertreffenden Breite (also etwa von 9 bis 10 *cm* Durchmesser) so vollkommen korrigieren, daß es eine in seine vordere Brennebene gebrachte Zeichnung oder ein Photogramm für die ganze Linsenöffnung oder mindestens für einen breiten Randteil aberrationsfrei und ohne Verzeichnung im Unendlichen abbilde. Beide dicht vor die Linse gebrachten Augen würden dann jeden Punkt der Zeichnung unter denselben Winkeln in unendlicher Ferne wahrnehmen, und diese Winkel wären richtig, wenn die Brennweite der Betrachtungslinse mit der des Aufnahmeobjektivs übereinstimmte. Unter dieser Voraussetzung käme es sogar darauf gar nicht mehr an, ob man als Zentrum jeder Perspektive die Mitte der Augenpupille oder, wie es richtiger wäre, den Augendrehungspunkt ansähe. Ist die Abbildung aber nicht frei von Abweichungen — und das kann man von einer solchen einfachen Linse wirklich nicht erwarten — so treten von je einem Punkte der Brennebene Strahlen unter verschiedenen Neigungen in den den Beobachter enthaltenden Bildraum, sodaß die zu einem bestimmten Punkte des Photogramms gehörige Differenz der Gesichtswinkel für die beiden Augen je nach seiner Lage in der Brennebene mehr oder minder verschiedene Werte erhält. Das ist aber

eine charakteristische Forderung für das Zustandekommen einer stereoskopischen Wahrnehmung, und deshalb müssen diese Einrichtungen genauer bei der Besprechung der stereoskopischen Instrumente behandelt werden. Geht man hier auf Einzelheiten etwas ein, so erfordert der angegebene Linsendurchmesser sehr beträchtliche Öffnungsverhältnisse, so für die bei den modernen Objektiven und Plattenformaten ziemlich lange Aufnahmebrennweite von 16 *cm* ein Öffnungsverhältnis von mindestens 1 : 2. Dort ist auch der Grund dafür zu suchen, daß man auf die Erzielung der chromatischen Korrektion ganz verzichtete, denn für achromatische Systeme würden sich Linsenkrümmungen ergeben, die ein solches Öffnungsverhältnis ganz unmöglich machten. Um nun die Farbenfehler ebenso wie die Abweichungen schiefer Büschel nicht gar zu auffällig werden zu lassen, wählt man stets die Brennweiten dieser Betrachtungslinsen ziemlich groß und verzichtet damit allerdings auf die Herbeiführung der richtigen Gesichtswinkel.

Der erste, der diesen schon von J. Bischoff gemachten, dann auch von J. Taylor (s. *S. 331*) für seine Dioramenvorführungen mit Erfolg verwirklichten Vorschlag im Zeitalter der Photographie für die Konstruktion eines bequem tragbaren Einzelapparats aufnahm, scheint der Venezianer C. Ponti (1.), ein sonst unbekannter Optiker, gewesen zu sein. Er erhielt um die Mitte des Jahres 1862 ein österreichisches und ein englisches Patent auf seinen als „Alethoskop" eingeführten Apparat, ohne aber, soweit man nach dem vorliegenden Material urteilen kann, mehr geleistet zu haben als J. Taylor. Das der Konstruktion zugrunde liegende Prinzip ist im vorhergehenden bereits geschildert, und es mag nur noch darauf hingewiesen werden, daß er einen Augenschirm zur Abblendung des Seitenlichts vorgesehen hatte. Die erste Form des Apparats war so eingerichtet, daß Diorameneffekte erzielt werden konnten oder *dissolving views* (hier etwa Tag- und Nachtbilder), wie es in der Beschreibung auch heißt. Das Aufsehen, das dieses Instrument machte, scheint ziemlich groß gewesen zu sein, denn sein Verfertiger wurde 1862 auf der Londoner Weltausstellung in der österreichischen Abteilung — Venedig war damals österreichisch — neben C. Dietzler und Fr. Voigtländer & Sohn durch eine Medaille ausgezeichnet. Außerdem kann man aus einem einige Jahre später, 1866, erstatteten Berichte R. Fowlers (1.) ersehen, daß öffentliche Schaustellungen von Bildern in einer Reihe Pontischer Alethoskope in Paris lebhaften Anklang fanden. Die Dimensionen dieser Bilder (25 : 30 *cm*) waren jedenfalls gewaltig, und auch die Betrachtungslinse muß von sehr langer Brennweite gewesen sein. Man konnte sie daher ohne besonderen Nachteil für die Beobachtung mit beiden Augen verwenden.

Einige Jahre darauf brachte derselbe Optiker (2.), wahrscheinlich durch die Konkurrenz des nachstehend beschriebenen Instruments gezwungen, verschiedene Änderungen an seinem Apparat an, die das hier behandelte Thema nur insoweit angehen, als er sich für eine kürzere Brennweite des vielleicht auch aus zwei Linsen zusammengesetzten Betrachtungssystems entschied. Das neue Instrument erhielt den Namen „Megalethoskop"[1]), doch scheint es keinen großen Eindruck gemacht zu haben, möglicherweise weil die ganze Einrichtung zu kostspielig geworden war. Nur noch im Anfange der siebziger Jahre begegnet man einer Bezugnahme auf diese Einrichtung, und dann gerät sie allmählich ganz in Vergessenheit.

Das Instrument, das anscheinend den Lebensfaden der Alethoskope zum Reißen brachte, war das „Graphoskop", worauf Ch. J. Rowsell (1.) im Jahre 1864 einen vor-

[1]) Ich verdanke diese Notiz der liebenswürdigen Hülfsleistung des Hrn. J. Rheinberg.

läufigen Schutz erhielt. Es erschien gleich bei seinem ersten Auftreten in der Form, in der es sich bis auf den heutigen Tag erhalten hat, im wesentlichen für auffallende Beleuchtung eingerichtet, mit den beiden kleinen Stereoskoplinsen unterhalb der großen Bikonvexlinse und mit geneigter Aufstellung, sodaß man die Bilder mit einer ein wenig geneigten Blickrichtung betrachten konnte. Das Interesse an dieser tatsächlich lebensfähigen Form war übrigens in ihrer Jugend so gering, daß der Erfinder selbst nicht die Kosten an eine Komplettierung seines Patents wagte. Und so kam es, daß auch andere Firmen die Ausführung übernahmen, als sich im Laufe der Zeit größeres Interesse für diese Einrichtung einstellte. So berichtete J. Traill Taylor (1.) 1871 von einer umfangreichen Herstellung des Graphoskops durch G. Hare und erwähnte (2.) 1875 eine von Ch. J. Rowsell (2.) auf den Markt gebrachte Modifikation des Apparats, mit der auch Diapositive in durchfallendem Lichte betrachtet werden konnten. So näherte sich merkwürdigerweise das Graphoskop wieder der Einrichtung des von ihm verdrängten Alethoskops; doch scheint auch jetzt mit der Dioramen-einrichtung kein wirklicher Erfolg eingetreten zu sein.

Um dieselbe Zeit, 1874, ist auch die Vorrichtung des sonst unbekannten Irländers J. A. Cumine (1.) zu erwähnen. Er nahm die schon längst verlassene Idee wieder auf, einen Hohlspiegel als optisches System zu verwenden. Von einem Erfolge dieser Einrichtung ist nichts bekannt geworden.

Die einzige Verbesserung der optischen Teile am Graphoskop, die aus dem vorliegenden Material entnommen werden kann, wandte J. Ganz (1.) 1886 in seinem „Diaphoskop" an, indem er die große Sammellinse durch zwei dicht hinter einander angebrachte Bikonvexlinsen ersetzte; doch ist es möglich, daß dafür die Priorität C. Ponti gebührt, und daß schon das Megalethoskop so eingerichtet war. Die durch diesen größeren Aufwand optischer Mittel hervorgebrachte Verringerung der zu der vorgeschriebenen Brennweite gehörigen Krümmungen wird eine Erweiterung des brauchbaren Bildfeldes zur Folge gehabt haben.

Die ziemlich nahe liegende Idee, die große Sammellinse des Graphoskops durch zwei kleine exzentrisch benutzte Linsenrandteile zu ersetzen, findet sich, wie es scheint, zuerst 1872 bei W. Zenker (2.), der aber seine Erfindung nicht von dem Graphoskop ableitete, sondern ganz folgerichtig von dem Brewsterschen Prismenstereoskop ausgehend eine gerade entgegengesetzte Wirkung dadurch hervorbrachte, daß er die Stereoskoplinsen in ihrer Ebene um 180 Grad drehte. W. Zenkers Absicht war es, die störende Lokalisierung der zweiäugig betrachteten Perspektive auf die Bildfläche aufzuheben, doch ist allem Anscheine nach seine Idee in seiner Heimat nicht beachtet worden.

Wenn bei den bisher besprochenen Vorkehrungen dieser Klasse die mehr oder minder klar verstandene Idee zugrunde lag, das Photogramm oder das Diapositiv für beide Augen in unendlicher Entfernung abzubilden, sodaß dann auf jedes Auge dieselbe Perspektive wirkte, so strebte man auch danach, sich dieser Wirkung dadurch wenigstens zu nähern, daß man die Parallaxe des Photogramms für beide Augen möglichst verminderte. Das geschieht auf eine sehr einfache Weise durch Vergrößerung des Bildabstandes und Verwendung eines Operngiases passender Vergrößerung. Eine solche Einrichtung macht wieder die Wahl des Standpunktes von dem Akkommodationsvermögen des Beschauers unabhängig, und es kann nebenbei, wenn der Augenabstand des Beschauers verschieden ist vom Achsenabstand des Operngiases, auch noch die Prismenwirkung der Linsenränder hinzukommen. Außerdem bleibt noch bestehen, daß möglicherweise infolge einer unbewußten Ideenverbindung

die durch optische Instrumente entworfenen Bilder etwas Anziehenderes haben als direkt betrachtete Darstellungen; vielleicht trägt dazu auch bei, daß die Rahmenwirkung der Gesichtsfeldblende weniger unmittelbar erkennen läßt, daß es sich hier um eine Abbildskopie handelt und nicht um ein wirkliches Objekt. Jedenfalls aber muß dabei beachtet werden, daß man bei dem 40 Grad nur selten erreichenden scheinbaren Gesichtsfelde der Operngläser von selbst immer auf ein kleines Gesichtsfeld beschränkt ist, und daß dann die Seitenverschiebung der Betrachtungsorte ziemlich unschädlich bleibt.

Der erste, der eine solche Verwendung des gewöhnlichen zweifachen Opernglases vorschlug, und zwar zur Erreichung einer erhöhten Plastik, war wohl der venezianische Abbé Fr. de Zinelli (1.) im Jahre 1856. Bedauerlich bleibt es, daß diese Methode damals von oberflächlichen Berichterstattern als stereoskopisch beschrieben wurde. Das sollte jedenfalls damals in der Zeit lebhaften Interesses am Stereoskop als ein Lockmittel wirken, mußte aber die Vorgeschrittenen um so mehr abstoßen, als die Unrichtigkeit der Benennung offenkundig war. Mit der Nachweisung dieses Irrtums, die jedem Anfänger durch die Anführung nicht notwendig verstandener Worte einer optischen Autorität möglich war, schien der ganze Vorschlag erledigt, und die richtige ihm zugrunde liegende Idee litt unter der unzweckmäßigen und fehlerhaften Anpreisung.

Ein anderes Mittel, die Parallaxe des Bildes zu verringern, ist damit gegeben, daß man durch eine Spiegelanordnung den Augenabstand gleichsam verkleinert. Ein solches System, bei dem die Spiegel durch die totalreflektierenden Grenzflächen rhombischer Prismen gebildet waren, war schon sehr früh, 1853, von F. H. Wenham (1. zu dem Zwecke angegeben worden, eine Lupe von kleinem Durchmesser für beide Augen gleichzeitig zu verwenden. Für die Betrachtung perspektivischer Darstellungen wurde ein solches Prismensystem 1866 von E. Javal (1.) als „Eikonoskop" empfohlen, und in der Beschreibung wurde auf die Möglichkeit hingewiesen, ein holländisches Doppelfernrohr mit dieser Spiegelanordnung zu verbinden sowie bei der Betrachtung kleiner Porträts durch die Einschaltung von zwei Sammellinsen eine bequemere Akkommodationsentfernung herbeizuführen. In dem ersten dieser Vorschläge wurde offenbar die ursprüngliche Idee des Eikonoskops mit der von Fr. de Zinelli verbunden.

Bei allen diesen Einrichtungen handelte es sich immer um virtuelle Bilder, die einem Beobachter dargeboten wurden. Es ist aber durchaus möglich, das gewünschte Resultat des richtigen Abstandes durch eine reelle Vergrößerung des Photogramms zu erhalten und es dann auch mehreren Beschauern ohne auffällige Unrichtigkeiten vorzuführen. Ist ein solches Photogramm als Diapositiv ausgeführt, so bietet die Benutzung des gewöhnlichen Projektionsapparats die bequeme Möglichkeit, es wirksam und ausreichend zu vergrößern.

Die ersten Prinzipien für die Projektionslaterne sind anscheinend von A. Kircher schon 1646 entwickelt worden, doch hat dieses Instrument so lange nur den Rang einer optischen Spielerei eingenommen, als es keine bequeme Methode gab, treue Diapositive herzustellen. Sobald eine solche in den photographischen Verfahren gegeben war, wie sie auf der von H. F. Talbot gelegten Grundlage erwachsen waren, ist ihre verständnisvolle Ausbildung und erfolgreiche Anwendung für lange Zeit allein auf England beschränkt geblieben. Es ist auch ganz verständlich, daß die ersten Stadien der Entwicklung nur unter dem Schutze eines so sympathischen Verständnisses überwunden werden konnten, wie es die unvergleichlichen Arbeitsgesellschaften

Englands in der ersten Zeit ihres Bestehens boten. Dann aber erkannten auch weitere Kreise den hohen Wert dieses Instruments, und die schönen Stunden unterhaltender sowie die reiche Belehrung wissenschaftlicher Projektionsabende verdankte England jener rechtzeitigen und verständnisvollen Pflege der Photographie in seinen Gesellschaften.

In Deutschland — und möglicherweise auf dem Kontinent überhaupt — ist die Würdigung des Projektionsapparats beschämend spät aufgetreten. Gewiß lockte die Entwicklung der englischen Verfahren unternehmende Geister an, weite Geschäftsreisen mit solchen Apparaten auch in Deutschland auszuführen, aber das Verständnis des Publikums ließ sich eben nicht so einfach importieren wie die Projektionslaternen, und so verfiel dieses schöne Instrument gerade infolge seines Wanderbetriebes in die unverdiente Mißachtung einer vagierenden Kunst, und es vermochte sich in Deutschland lange Zeit nach der Erfindung der Photographie nicht über das Niveau einer optischen Spielerei zu erheben, während es doch schon damals im Unterricht die jetzt als fast unentbehrlich angesehenen Dienste hätte leisten können. Von der Dürftigkeit der Ansprüche, die man an solche Projektionsvorführungen stellte, geben die niedrigen Preise ein betrübendes Zeugnis, zu denen die Optiker diese Instrumente lange Zeit herstellten. Erst ganz allmählich begann auch in Deutschland der Projektionsapparat — wieder mit J. Petzval zu sprechen — als ein „edles" Erzeugnis des Optikers angesehen zu werden. Er ist jetzt ein Instrument geworden, für dessen Herstellung man vom Verfertiger, und für dessen Gebrauch man vom Benutzer dasselbe Maß von Sorgfalt und Kenntnis verlangt, wie es etwa bei dem Mikroskop oder dem Fernrohr der Fall sein sollte.

Besondere Erscheinungen bei diesem Instrument beruhen allein in der Einhaltung eines unrichtigen Gesichtspunkts bei der Betrachtung, und sie lassen sich nicht ganz vermeiden, wenn die Vorführungen für einen großen Zuschauerkreis bestimmt sind. Man kann sie sondern in solche, wo eine Abweichung nach der Seite auftritt, und solche, wo der senkrechte Abstand von dem Schirme unrichtig gewählt worden ist. Sie fallen beide nicht störend ins Auge, solange die Abweichungen von dem richtigen Standpunkte nur gering sind. Ihre Erscheinungsform kann ohne weiteres dem Werke J. H. Lamberts (3. 1. Tl. *S. 127—131*) entnommen werden.

Schon um 1867 traten, wie der Anonymus (1.) berichtete, in England Bestrebungen auf, die Illusion bei Projektionsvorführungen dadurch zu steigern, daß man einen passenden Rahmen vorsah. Dieser wurde hier natürlich auf demselben Projektionsschirm entworfen, nach den neueren Vorschlägen von C. W. Cowan und D. Iles (1.) wählte man dafür sogar eine besondere Projektionslaterne, die unter Umständen auch mit einer weniger intensiven Lichtquelle ausgerüstet wurde. Als Rahmenbilder dienten Balkon- oder Verandaumrisse u. a. m.

Den Abschluß dieser Entwicklung bildete logischerweise die Anwendung eines kreisrunden Auffangeschirms von großem Radius mit einer panoramenartigen Darstellung. Und es kann für den Zweck einer möglichst weitgehenden Illusion ernsthaft auch wohl kaum etwas gegen diesen Gipfelpunkt der Entwicklung eingewandt werden. Es ist sicherlich ganz verständlich, wenn namhafte Künstler gegen den Fortfall der Umrahmung, als eines Mittels, das selbständige Kunstwerk zu isolieren und als ein solches kenntlich zu machen, heftig Einspruch tun, und wenn sie sich dagegen verwahren, daß durch die Hinzufügung des plastischen Vordergrundes die Einheit des Kunstwerks zerstört werde. In dem vorliegenden Falle aber handelt es sich wie überhaupt beim Photogramm um keine durch die Persönlichkeit des Künstlers

bedingte Wiedergabe des Wesentlichen, sondern um eine — wenn man will sklavisch — treue Wiedergabe der Erscheinungsform der Natur zum ausgesprochenen Zwecke der Illusion, die die Belehrung um so wirksamer machen soll. Wenn man nun, und die Berechtigung dazu läßt man anscheinend allgemein gelten, bei der Projektion von Reihenbildern und Kinematogrammen durch eine täuschende Vorführung bewegter Objekte das Leben in einer sehr vollkommenen Weise nachahmt, so kann man doch vernünftigerweise nicht bestreiten, daß die vollendete Wiedergabe der ruhenden Natur durch andre Mittel, nämlich ein Rundbild, die gleiche Berechtigung habe. Nur müssen sich beide Darstellungen hüten, für Kunst in dem eigentlichen Sinne genommen zu werden. Auf die Beigabe eines plastischen Vordergrundes kann man vollständig verzichten, wenn der Abstand des Schirms groß genug ist, und dann hat die Benutzung beider Augen in der Regel auch keine merkliche Einbuße an Illusion zur Folge. Ein zweckmäßig angestelltes Experiment kann bei einem Rundbilde leicht jenen Sehschwindel entstehen lassen, den Künstler gegen Panoramabilder ins Feld führen. Eine gute Ableitung dieser Erscheinung findet sich in der schon erwähnten Arbeit von H. Streintz (1.), und sie sei hier wiedergegeben.

„Der im Laufe dieser Untersuchung wiederholt geschilderte Einfluß der Aug- „distanz bei der Betrachtung eines Bildes auf die Entfernungs- und damit auf die „Tiefenvorstellung tritt am überraschendsten hervor bei der Betrachtung der großen „in eigenen Rundbauten ausgestellten Panoramen, weil in diesen die Wirkung der „Umrahmung gänzlich wegfällt, und die Täuschung so weit getrieben wird, daß man „vergißt, nur ein Bild vor sich zu haben. Faßt man in einem solchen, während man „dicht vorne an der Barriere steht, ein scheinbar etwa $^1/_2$ *km* entferntes größeres „Gebäude, ein Schiff oder einen Berg in's Auge, und tritt man nun, den Blick un- „ausgesetzt auf jenes Objekt gerichtet, allmählich zurück, so weicht bei jedem Schritte „das Gebäude mit der gesamten nächsten Umgebung etwa 50 *m* in die Ferne; zu- „gleich erweitern sich auch die relativen Distanzen rücksichtlich der Tiefe. Wieder- „holt man das Hin- und Hergehen öfters, so wird man sich einer an Schwindel ge- „mahnenden Empfindung nicht erwehren können."

Der erste, der eine solche Vorführung mit Hülfe der Projektionslaterne unternahm, scheint 1898 Th. W. Barber (1.) gewesen zu sein, und über diese Vorführung hat G. R. Baker (1.) einen anziehenden Bericht gegeben. Sie fand in London in *Niagara Hall* statt, und zwar war in dem großen Raume ein riesiger zylindrischer Schirm von etwa $19^1/_2$ *m* Radius und mehr als 12 *m* Höhe aufgestellt worden (der Flächenraum des Schirms wird als 400:40' beschrieben). Gut ausgerichtete, gefärbte Diapositive wurden durch eine große (acht oder mehr betragende) Anzahl von Projektionsobjektiven auf den Schirm geworfen, sodaß der ganze Umkreis von 360 Grad ohne Lücke ausgefüllt war. Für die Betrachter dieses „Zykloramas" waren zwei kreisförmige Bühnen über einander angeordnet, und der Berichterstatter hob sehr richtig hervor, daß die obere von geringerem Durchmesser die günstigere sei, weil man sich da dem richtigen Standpunkte am meisten nähere.

An diesen Bericht knüpften sich sehr lebhafte Diskussionen zwischen Th. W. Barber (2.) und Personen, die sich für sachverständig hielten, und es lohnt wohl der Mühe, darauf einen Augenblick einzugehen. Der Erfinder dieser Anordnung war mit dem Erfolge dieser Illusion sehr zufrieden, und er beschrieb den Eindruck, den er als besonders plastisch empfand, mit dem sicher unrichtig gewählten Worte stereoskopisch. Er sei so geworden, weil die Bemalung der Diapositive sehr natürlich ausgefallen sei, und weil die zylindrische Fläche die Illusion begünstige. Seine

Gegner machten auf diesen letzten Fehlschluß gar nicht aufmerksam, gingen auch gar nicht auf die von Th. W. Barher hervorgehobenen Vorteile seiner Projektionsart ein, sondern wandten sich allein gegen das Wort stereoskopisch, dessen unrichtige Anwendung sie leicht aus der schulmäßigen Definition nachweisen konnten. Woher es aber komme, daß sich in dem Barberschen Falle trotz des Gebrauchs der beiden Augen ein Relief aufdränge, warum die Illusion eine Täuschung zustande bringe, der man sich garnicht entziehen könne, daß eben in dieser Anordnung der Schlußstein der Projektion erreicht worden sei, daß endlich hier unwiderleglich die außerordentliche Bedeutung der Erfahrung für das Zustandekommen der Raumvorstellung dargelegt werde, alle diese Punkte entgingen den schulgläubigen Gegnern Th. W. Barhers.

Sie haben wie so viele Leute der Gegenwart zu sehen verlernt, und an dem Wunderbaren und dem Merkwürdigen gehen sie vorüber, weil es einfach ist. Die äußerliche Aneignung von Schulregeln, so wertvoll sie auch sein mögen, hat ihren Geist in spanische Stiefel eingeschnürt und sie unfähig gemacht, unbefangen an ein solches Problem heranzutreten. Wo ist die verstandesmäßige Freude an der Rückübersetzung einer perspektivischen Darstellung in die Raumwerte geblieben, die die Künstler des sechzehnten Jahrhunderts zu mühevollen Konstruktionen führte? Sie verschwand mit der Leichtigkeit, mit der solche Darstellungen erhalten werden, und was sich die alten Künstler wünschten, das haben ihre Nachfahren in solcher Fülle, daß alle Wertschätzung dafür zugrunde ging.

Literaturnachweise.

Die in [] eingeschlossenen Titel stehen statt der nicht vorhandenen Überschriften.

Abbe, E., (**1.**) Ueber die Bestimmung der Lichtstärke optischer Instrumente. Mit besonderer Berücksichtignng des Mikroskops und der Apparate znr Lichtconcentration. *Jen. Zeitschr. f. Med. u. Naturw.* ***6.*** *S. 263—291. 1871*; s. a. E. Abbe, Gesammelte Abhandlnngen. Bd. 1. Jena, G. Fischer 1904. *S. 14—44.*

Anonymus, (**1.**) *Dissolving view effects. The Brit. Journ. of Phot.* ***14.*** *S. 40. 1867.*

Baker, G. R., (**1.**) *Lantern Mems. The Lant. Rec. 1898. S. 41.*

Barber, Th. W., (**1.**) *Improvements in apparatus for exhibiting cycloramic views.* E. P. 5532^{98} vom 25. Febr. (*prov. spec.*), 14. Juni (*compl. spec.*).

—, (**2.**) *Stereoscopic lantern projection. The Brit. Journ. of Phot.* ***45.*** *S. 448, 511, 527—528, 543, 622—623, 640. 1898; The Lant. Rec. 1898. S. 74—75.*

Bischoff, J. Chr., (**1.**) Kurtzgefaßte Einleitung zur Perspectiv Darinnen Nebst dem wahren Fundamente derselben gezeiget wird, wie alles, Was Zur Bau-Kunst gehöret, Nach optischen Regeln zu zeichnen sey: Dem noch beigefüget eine neue Erfindung eines Instruments, durch welches sich auf sehr leichte Art alles und jedes, auch ohne Wissenschaft der Regeln, dennoch regelmäßig abzeichnen lässet, Mit XXXI Kupfern Und einem Anhange Von Zubereitung und Gebrauch der Farben Entworffen von — — —, Mathem. C. 8° (10) 146 (8) S. Halle im Magdeburgischen, 1741. Zu finden in der Rengerischen Buchhandlung.

Bischoff, J, (**1.**) Beyträge zur Optic hauptsächlich zu solchen Vergrösserungsgläsern und Fernröhren, bey denen Collectiv- oder Sammelgläser angebracht werden. 8°. 52 S. Ulm, Frankfurt und Leipzig, Auf Kosten der Gaumischen Handlung 1764.

Bow, R. H., (**1.**) *On photographic distortion. (Read at a meeting of the Edinb. Phot. Soc. Nov. 6th 1861.) The Brit. Journ. of Phot.* ***8.*** *S. 417—419, 440—442. 1861.*

Übersetzt unter dem Titel:

—, Ueber fotografische Verzerrnng. *Kreutzers Zeitschr. f. Fot. u. Ster.* ***6.*** *S. 46—56. 1862.*

—, (**2.**) *On the advantage of photographic transparencies on glass compared with photographic paper prints; and on a portable arrangement for exhibiting those of moderate size. (Read at a meeting of*

the Edinb. Phot. Soc. Febr. 4th 1863.) The Brit. Journ. of Phot. **10.** *S. 101—102. 1863; Phot. Not.* **8.** *S. 73—75. 1863.*

—, (**3.**) *To make an absolutely correct camera copy of a chart by means of a single distorting lens. The Brit. Journ. of Phot.* **10.** *S. 421—422. 1863.*

—, (**4.**) *Some remarks upon Mr. Macbeth's paper, and on the mutual reaction of pictorial art and photography upon one another. (Read at a meeting of the Edinb. Phot. Soc. March 3d 1869.) The Brit. Journ. of Phot.* **16.** *S. 133—136. 1869.*

Brander, G. Fr., (**1.**) Polymetroscopium Dioptricum oder Beschreibung eines optischen Instrumentes, vermittelst dessen man die Gesichts-Winkel messen, ingleichen die Entfernung eines Objects aus dessen bekannten Höhe und Breite und umgekehrt aus jener diese bestimmen; nicht weniger perspectivische Kupferstiche, Mahlereyen &c. genau prüfen, ganze Gegenden und andere Gegenstände sehr bequem und richtig aufnehmen und zeichnen, die Bilder in einer Camera obscura aufrecht sehen, ja eine Camera obscura selbst ohne die geringste Mühe herstellen kan, wie solches zu Stand gebracht und auch verfertiget wird von — —. 8°. 8 Bl. mit 1 Tfl. Augspurg bey Elias Tobias Lotter 1764.

Brewster, Sir D., (**1.**) *On the form of images produced by lenses and mirrors of different sizes. XXII. Meet. Brit. Ass. at Belfast 1852. Not. 3—6.*

—, (**2.**) *The stereoscope its history, theory, and construction with its application to the fine and useful arts and to education.* IV, 235 S. mit 52 Textfiguren. London, J. Murray 1856.

Büsch, J. G., (**1.**) Encyclopädie der historischen, philosophischen und mathematischen Wissenschaften grossentheils nach dem Grundrisse des sel. Reimarus ausgearbeitet. 8°. XVI, 320, 224 S. Hamburg, in der Heroldischen Buchhandlung 1775.

Cowan, C. W., and D. Iles, (**1.**) *Improvements in and relating to the production and exhibition of representations of pictures, advertissements, and the like upon projection screens.* E. P. 16960 97 vom 17. Juli.

Cumine, J. A., (**1.**) *Improvements in apparatus for exhibiting and magnifying photographs and other pictures or objects.* E. P. 3102 73 vom 22. Sept. (*prov. spec.*), 21. März 1874 (*compl. spec.*).

Cundell, G. S., (**1.**) *On the practice of the calotype process of photography. Phil. Mag.* (3) **24.** *321—332. 1844.*

Czapski, S., (**1.**) Grundzüge der Theorie der optischen Instrumente nach Abbe. 2. Aufl. unter Mitwirkg. d. Verfassers u. mit Beiträgen von M. von Rohr hrsg. von O. Eppenstein. (Sonderabdruck aus A. Winkelmanns Handbuch der Physik. Bd. 6.) gr. 8°. XVI, 479 S. m. 176 Textfig. Leipzig, J. A. Barth 1904.

Doppelmayr, J. G., (**1.**) Weitere Eröffnung der neuen Mathematischen Werck-Schule Nicolai Bion, In welcher Sowol die Zubereitung als der Gebrauch verschiedener anderer Mathematischen absonderlich der zur Geometrie und Optique gehörigen Instrumenten / die in besagten Auctore nicht zu finden / denen Liebhabern deutlich vor Augen geleget und erkläret werden von — —. 4°. (5) 48 S. m 12 Taf. Nürnberg / Verlegts Peter Conrad Monath / 1717.

Eppenstein, O., (**1.**) siehe S. Czapski (**1.**).

Fowter, R. J., (**1.**) [Pariser Brief.] *The Brit. Journ. of Phot.* **13.** *S. 8. 1866.*

Ganz, J., (**1.**) [Diaphoscop] *Phot. Mitt.* **23.** *S. 223—224. 1886/87.*

Gehler, J. S. Tr., (**1.**) Physikalisches Wörterbuch oder Versuch einer Erklärung der vornehmsten Begriffe und Kunstwörter der Naturlehre mit kurzen Nachrichten von der Geschichte der Erfindungen und Beschreibungen der Werkzeuge begleitet in alphabetischer Ordnung. Neue Aufl. 4 Bde. und 1799 ein Supplementband. 8°. Leipzig, im Schwickertschen Verlage 1798. Siehe unter „Zimmer, verfinstertes".

Goddard, J. T., (**1.**) *[Method of viewing distorted photographs so as to see them undistorted.] Phot. Not.* **4.** *S. 204. 1859.*

Harris, J., (**1.**) *A treatise of optics: containing elements of the science.* 4°. 4, 282 S. m. 22 Taf. London, B. White 1775. (Erschien elf Jahre nach dem Tode des Autors)

Hauck, G., (**1.**) Die subjektive Perspektive und die horizontalen Curvaturen des dorischen Styls. Eine perspektivisch-ästhetische Studie. Eine Festschrift zur fünfzigjährigen Jubelfeier der technischen Hochschule zu Stuttgart. gr. 8°. XII, 147 S. m. 2 Taf. Stuttgart, K. Wittwer 1879.

Hautrive, B. A. L., (1.) *Improved apparatus to facilitate drawing and sketching.* E. P. 1295[72] vom 30. April.

Javal, E., (1.) *Sur un instrument nommé „iconoscope" destiné à donner du relief aux images planes examinées avec les deux yeux. Compt. rend.* **63.** *S. 927—928. 1866.*

Köhler, A., (1.) Der Verant, ein Apparat zum Betrachten von Photogrammen im richtigen Abstande. (Vorgetr. in der Wien. Phot. Ges. am 17. Nov. 03.) *Phot. Korr.* **41.** *S. 9—20. 1904.*

Kohlhans, J. Chr., (1.) Neu-erfundene Mathematische und Optische Curiositäten / bestehend So wohl in einem sattsamen Unterricht / zum Feldmessen und itzt üblichen Fortification; nechst deutlichem Entwurff / in selbiger benöthigten Linien durch ein sonderbahres Vortheil zu erfinden; Als auch in einer gantz neuen und bewährten Art / allerhand ohne Rechnung mit geringer Mühe durch ein kleines Instrument genau und künstlich zu messen; Und dann in beygefügten unterschiedlichen Optischen Raritäten / auch andern zu Perspectiven und so genandter finstern Kammer gehörigen merckwürdigen Sachen: Beydes zur Lust und annehmlichen Nutzen eröffnet und an Tag gegeben durch — — —. kl. 4°. (16) 320 S. Leipzig / In Verlegung Friederich Lanckischen sel. Erben. Zu Jena / Drucks Johann Nisius. 1677. (Die zugehörigen 24 Kupfertafeln waren in den verschiedenen Exemplaren dieser Schrift, die mir vorgelegen haben, nicht mehr vorhanden.)

Lambert, J. H., (1.) Die freye Perspektive, oder Anweisung, Jeden Perspektivischen Aufriß von freyen Stücken und ohne Grundriß zu verfertigen. 8°. 6 Bl. 196 (1) S. mit 6 Tfln. Zürich, Bey Heidegger und Compagnie 1759.

Nach Stichproben ist der Text dieser Schrift unverändert im ersten Bande von (3.) wiedergegeben. Auf (3. 1. Tl.) beziehen sich auch alle Zitate.

—, (2.) *Sur la partie photométrique de l'art du peintre. Mém. Berl.* **24.** *S. 80—108. 1768.*

—, (3.) Freye Perspective, oder Anweisung, jeden perspektivischen Aufriß von freyen Stücken und ohne Grundriß zu verfertigen. Zweyte Auflage. Mit Anmerkungen und Zusätzen vermehrt. 8°. Zwei Teile 1. 2. (VIII) 206, 181 S. m. 77 Fig. auf 10 Taf. Zürich, bey Orell, Geßner, Füeßlin und Compagnie 1774.

Lea, M. Carey, (1.) *On photographic perspective. The Brit. Journ. of Phot.* **13.** *S. 101—103, S. 197—199. 1866.*

Übersetzt unter dem Titel:

—, Ueber die Perspective in der Photographie. *Phot. Corr.* **3.** *S. 201—212. 1866.*

—, (2.) *Variable perceptions of distance. The Brit. Journ. of Phot.* **14.** *S. 360. 1867.*

Übersetzt unter dem Titel:

—, Ueber Wahrnehmungen in der Ferne. *Phot. Mitt.* **4.** *S. 178—181. 1867/68;* s. dazu: J. M. in Sondershausen: Einige Bemerkungen zu dem Artikel: „Ueber Wahrnehmungen in der Ferne" von Carey Lea. *Phot. Mitt.* **4.** *S. 204—205. 1867/68.*

Lummer, O., (1.) Die Lehre vom Licht (Optik). Erste Abteilung des zweiten Bandes des Müller-Pouilletschen Lehrbuchs der Physik und Meteorologie. 9. Aufl. gr. 8°. XX, 1192 S. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn 1897.

Mach, E., (1.) Beobachtungen über monoculare Stereoskopie. (Mit 6 Fig.) *Sitzungsber. d. Wiener Akad.* **58.** *S. 731—736. 1868.*

Martin, B., (1.) *A new and compendious system of optics.* 8°. XXIV, 295 S. m. 34 Taf. London, J. Hodges 1740.

Moigno, F., (1.) *[L'optique.] Cosmos* **4.** *S. 33. 1854.*

Moxham, E., (1.) *Improvements in the construction of stereoscopes.* E. P. 1343[51] vom 31. Mai (*prov. spec.*), vom 30. Nov. (*compl. spec.*)

Müller, E., (1.) Objectivbrennweite und Bilddurchmesser. *Eders Jahrb. f. Photogr. u. Reproduktionstechnik* **15.** *S. 134—139. 1901.*

Parrat, S., (1.) *Optic machine improved. The Gentl. Mag. and Hist. Chron.* **23.** *S. 171. 1753.*

Ponti, C., (1.) Optiker in Venedig erhält ein österreichisches Patent auf die Erfindung eines sogenannten Alethoskopes, um fotografische Bilder größer erscheinen zu lassen, und Effekte zu erzielen, welche jenen der Stereoskopie ähnlich seien. Vom 11. Jänner 1862 auf 1 Jahr offen. *Kreutzers Zeitschr. f. Fot. u. Ster.* **6.** *S. 89. 1862.*

—, *An improved apparatus for viewing photographic pictures and the preparation of photographic pictures to be used in such apparatus.* E. P. 1988[62] vom 10. Juli (*prov. spec.*). *Phot. Not.* **8.** *S. 231—232. 1863.*

—, (**2.**) *The Megalethoscope. Practical Mech. Journ.* **3.** *S. 111. 1867.*

von Rohr, M., (**1.**) *The Verant, a new instrument for viewing photographs from the correct standpoint.* (*Read at the meeting Roy. Phot. Soc. Nov. 10th 1903.*) *The Phot. Journ.* **43.** *S. 279—290. 1903.*

—, (**2.**) Die Bilderzeugung in optischen Instrumenten vom Standpunkte der geometrischen Optik. Bearb. v. den wissenschaftl. Mitarbeitern an der opt. Werkstätte v. Carl Zeiss, P. Culmann, S. Czapski, A. König, F. Löwe, M. von Rohr, H. Siedentopf, E. Wandersleb. 8°. XX, 587 S. m. 133 Textfig. Berlin, J. Springer 1904.

—, (**3.**) siehe S. Czapski (**1.**)

Rowsell, Ch. J., (**1.**) *Improvements in apparatus for viewing photographic and other pictures, coins and medals, which is also applicable in the production of drawings and paintings.* E. P. 270[64] vom 1. Febr. (*prov. spec.*)

—, (**2.**) *Improvements in graphoscopes.* E. P. 1886[74] vom 29. Mai (*prov. spec.*), 28. Nov. (*compl. spec.*)

Schiffner, Fr., (**1.**) Grundzüge der photographischen Perspective. Vorschule für wissenschaftliche und künstlerische Photographie. gr. 8°. 54 S. m. 25 Fig. Wien, R. Lechner 1893.

Schilling, Fr., (**1.**) Über die Anwendungen der darstellenden Geometrie insbesondere über die Photogrammetrie mit einem Anhang: Welche Vorteile gewährt die Benutzung des Projektionsapparates im mathematischen Unterricht? gr. 8°. VI, 198 S. m. 151 Fig. u. 5 Doppeltaf. Leipzig und Berlin, B. G. Teubner 1904.

Simon, (**1.**) Ueber das Sehen der Gegenstände, in Beziehung auf steneographische Projectionen. (Vorgel. Philomat. Gesellsch. Berlin.) *Gilberts Ann. d. Physik* **2.** *S. 57—76. 1809.*

Smyth, Ch. Piazzi, (**1.**) *A mono-stereoscope. Brit. Journ. Alm. 1875. S. 39—41.*

Streintz, H., (**1.**) Die Tiefenperspective in der Photographie nebst einem Anhange: I. Ueber den optischen Mittelpunkt einer Linse, und II. die Lage des Augenpunktes bei der photographischen Abbildung. *Phot. Corr.* **29.** *S. 477—492, 548—563. 1892.*

Sutton, Th., (**1.**) *A new use of the camera. Phot. Not.* **1.** *S. 172. 1856.*

—, (**2.**) *The third lesson on optics. Phot. Not.* **1.** *S. 220—222. 1856.*

—, (**3.**) *The diaphanoscope. Phot. Not.* **1.** *S. 267—269. 1856.*

—, (**4.**) *[Spherical bowl negatives.] Phot. Not.* **9.** *S. 128. 1864.*

Taylor, H. Dennis, (**1.**) *Optical truth and visual truth. The Brit. Journ. of Phot.* **40.** *S. 540—542, 583. 1893.*

Taylor, J., (**1.**) *Dioramic effects produced on photographic pictures.* (*Read at a meeting Glasgow Phot. Ass. Dec. 4th 1862.*) *The Brit. Journ. of Phot.* **9.** *S. 465—466. 1862.*

Der erste Bericht findet sich noch früher:

Mactear, A., *On the successful application of the principles of the diorama to photographic pictures.* (*Read at a meeting City of Glasgow and West of Scotland Phot. Soc. March 6th 1862.*) *The Brit. Journ. of Phot.* **9.** *S. 110—111. 1862.*

Außerdem gehört hierher:

Dr. Taylor's dioramic process. The Brit. Journ. of Phot. **10.** *S. 227—228. 1863.*

Taylor, J. Traill, (**1.**) *The graphoscope. The Brit. Journ. of Phot.* **18.** *S. 84—85. 1871.*

—, (**2.**) *A combination graphoscope. The Brit. Journ. of Phot.* **22.** *S. 37—38. 1875.*

Vogel, H. W., (**1.**) Ueber perspectivische Fehler in der Portrait-Photographie. *Phot. Mitt.* **6.** *S. 251—257; 276—281; 305—310. 1869/70.*

Übersetzt unter dem Titel:

—, *On the defects in perspective in portrait photography.* (*Read at a meeting Soc. Adv. Phot. Berlin Dec. 18th 1869.*) *The Brit. Journ. of Phot.* **17.** *S. 52—53. 1870.*

—, (**2.**) [Eine optische Täuschung.] *Phot. Mitt.* **9.** *S. 55. 1872/73.*

Wandersleb, E., (**1.**) Die von M. von Rohr gegebene Theorie des Veranten, eines Apparats zur richtigen Betrachtung von Photographien. (Vorgetr. in der Sitzung der Deutsch. physikal. Gesellschaft am 27. Nov. 1903.) *Verhandl. d. Deutsch. physikal. Gesellsch.* **6.** *S. 44—60. 1904.*

Waterhouse, J., (1.) *Notes on the early history of the camera obscura. The Phot. Journ.* **25.** *S. 270—290. 1900/01.*

Wenham, F. H., (1.) *On the application of binocular vision to the microscope. (Read May 25th 1853.) Trans. Micr. Soc. London* **2.** *S. 1—13. 1853.*

Werge, J., (1.) *Errors in pictorial backgrounds. (Read at a meeting South Lond. Phot. Soc. Jan. 11th 1866.) The Brit. Journ. of Phot.* **13.** *S. 27—28. 1866.*

Wheatstone, Ch., (1.) *Contributions to the physiology of vision. — Part the first. On some remarkable, and hitherto unobserved, phenomena of binocular vision. Phil. Trans. 1838. S. 371—392 (m. 2 Taf.).*

Zenker, W., (1.) [Über die Umrandung von Photogrammen.] *Phot. Mitt.* **8.** *S. 241. 1871/72.*

—, (2.) [Eine prismatische Lorgnette.] *Phot. Mitt.* **9.** *S. 59. 1872/73*; siehe auch *Phot. Corr.* **9.** *S. 144—145. 1872* und *Athenaeum* **2.** *S. 86. 1872.*

de Zinelli, Fr., (1.) *Nouvelle méthode pour voir les épreuves en relief. La Lumière* **6.** *S. 23. 1856.*
Auch übersetzt unter dem Titel:

—, Neue Methode die Bilder im Relief zu sehen. *Zeitschr. f. Math.* **1.** *S. 320—321. 1856.*

Über eine Konkavgitter-Montierung nach Abney.

Von
Dr. G. **Eberhard** in Potsdam.

Für den Physiker und Chemiker ist es häufig erwünscht, Spektralphotographien anfertigen zu können, auf welchen bei einer einzigen Aufnahme ein sehr großes Stück des Spektrums bei nicht zu kleiner Dispersion erhalten wird. Der Chemiker zum Beispiel, welcher sein für eine Atomgewichtsbestimmung mit der größten Mühe und Sorgfalt gereinigtes Material oder die meist kostbaren Präparate eines von ihm neu entdeckten Elementes spektrographisch untersuchen will, kann nur sehr kleine Mengen der Substanzen für eine solche Untersuchung opfern, sodaß es unmöglich wird, für die einzelnen Teile des Spektrums einzelne Aufnahmen zu machen. Es kann weiterhin der Fall eintreten, daß die zur Lichterzeugung dienenden Apparate, wie zum Beispiel Geißlersche Röhren, entweder nur eine kurze Zeit über brauchbar sind und schnell verderben, sodaß sie nicht für mehrere Aufnahmen verwendet werden können, oder aber jedesmal nur mit großer Schwierigkeit und Umständlichkeit richtig vor dem Spektrographen justierbar sind, sodaß die mehrmalige Wiederholung der Aufnahme sehr zeitraubend wird.

Als ein Apparat, der das Spektrum einer zu untersuchenden Substanz über einen großen Wellenlängenbezirk hin bei genügend großer Dispersion zu photographieren erlaubt, kann nur das Rowlandsche Konkavgitter angesehen werden. Die Gründe, weshalb Prismenapparate durchaus ungenügend zur Lösung dieser Aufgabe sind, lassen sich leicht einsehen. Von dem aus dem Kollimator eines Prismenspektralapparates austretenden Büschel verschiedenfarbigen Lichtes werden die Strahlen nur derjenigen Wellenlängen das Prismensystem unvignettiert und somit ungeschwächt (abgesehen von der Absorption und Reflexion an den brechenden Medien) durchlaufen, für welche das System im Minimum der Ablenkung steht, alle andern werden vignettiert, und zwar um so mehr, je stärker ihre Ablenkung von der der Minimalstrahlen abweicht. Besonders störend wird diese Vignettierung für die ohnehin nicht sehr lichtstarken ultravioletten Teile des Spektrums. Die Vignettierung ist weiterhin für einen Strahl, der nicht im Minimum der Ablenkung das System durchläuft, um so stärker, je mehr Prismen verwendet werden. Allerdings würden sich diese Nachteile durch eine passende Vergrößerung des zweiten

und der folgenden Prismen sowie der Kameralinse bis zu einem gewissen Grade wenigstens herabmindern lassen, aber die Beschaffung so großer Glasstücke für die Prismen würde nicht leicht sein. Zu diesen Schwierigkeiten kommt noch die, welche die Konstruktion der für einen solchen Prismenapparat erforderlichen Linsensysteme bietet, es würde daher auch die Ersetzung der Prismen durch ein ebenes Gitter, wodurch die Vignettierungen fortfallen, die Aufgabe nicht lösen. Sobald es sich also darum handelt, Spektralaufnahmen über große Wellenlängenbezirke hin bei großer Dispersion zu erhalten, wird man sich des Konkavgitters in Verbindung mit einer geeigneten Aufstellung desselben bedienen müssen.

Man hat nun bisher als Aufstellung fast ausschließlich die von Rowland selbst vorgeschlagene benutzt. Gerade diese hat aber den großen Übelstand, daß sie selbst bei bester Ausführung wenig stabil ist und daher fast vor jeder einzelnen Aufnahme eine Neujustierung des ganzen Apparates nötig ist. Von dieser Erfahrung ausgehend, hat Kayser[1]) auf die Vorteile einer anderen, von Abney angegebenen Aufstellung hingewiesen, und sie sind in der Tat so schwerwiegende, daß man sich ihrer in Zukunft wohl vorzugsweise bedienen wird, besonders nach den sehr günstigen Resultaten, die Konen[2]) mit einer von ihm in Bonn erbauten vortrefflichen derartigen Aufstellung erzielt hat.

Bei der Abneyschen Aufstellung befinden sich ebenso wie bei der von Rowland Kamera, Gitter, Spalt auf dem Umfange eines Kreises, dessen Durchmesser der Krümmungsradius des Gitters ist. Gitter und Kassette liegen an den Enden eines Durchmessers einander gegenüber, aber es werden nicht wie bei Rowland das Gitter und die Kassette bewegt, sondern diese bleiben dauernd fest stehen, während der Spalt beweglich ist. Gerade in dieser Modifikation, die eine bedeutend gesteigerte Stabilität des ganzen Apparates mit sich bringt, besteht die Überlegenheit der Abneyschen Montierung über die von Rowland.

Durch die Besprechung dieser Verhältnisse in dem „Handbuch der Spektroskopie“ war auch ich auf die Abneysche Montierung aufmerksam geworden und benutzte die Idee derselben für den Bau eines Spektrographen, der vornehmlich dem in der Einleitung erwähnten Zwecke dienen, außerdem handlich und von mäßiger Größe sein sollte, während auf die Erreichung höchster Genauigkeit bei der Bestimmung der Wellenlängen mit Hülfe dieses Apparates verzichtet wurde, eine Aufgabe, die in vollkommener Weise durch die von Konen der Abneyschen Aufstellung gegebene Form gelöst wird[3]).

Von der für das Potsdamer Astrophysikalische Observatorium durch die Firma O. Toepfer & Sohn in Potsdam erbauten Gitteraufstellung gibt Fig. 1 eine Ansicht. An der starken Doppel-T-Schiene TT ist ein halbkreisförmiger Bogen aus einfachem T-Eisen befestigt. Auf demselben liegt der den Spalt S tragende Arm A auf, welcher sich um den Punkt M drehen läßt und in jeder Lage an dem Halbkreis festgeklemmt werden kann. Dieser Punkt M halbiert die Verbindungslinie zwischen der Mitte des Gitters und der Mitte der in der Kassette K liegenden Platte. Der Gitterhalter mit dem Gitter G und der Kassettenhalter H lassen sich in einer an der Schiene TT angenieteten Führung in der Richtung der Schiene bewegen, und beide sind mittels Klemmschrauben fest mit der Schiene zu verbinden. Dem Kassetten-

[1]) Kayser, Handbuch der Spektroskopie. 1. Bd. *S. 479.*

[2]) *Zeitschr. f. wissensch. Photogr.* **1.** *S. 325. 1903.*

[3]) Auch die Rungesche Aufstellung (vgl. die Mitteilung von C. Leiss, *diese Zeitschr.* **25.** *S. 96. 1905*) dürfte für diese Zwecke sehr brauchbar sein.

halter H selbst kann in dieser Führung durch die Schraube F eine Feinbewegung gegeben werden, deren Betrag an einer an T befestigten, in der Figur nicht sichtbaren Millimeterskale abgelesen wird.

Der Gitterhalter ist in der höchst zweckmäßigen, von **Rowland** angegebenen und mehrfach beschriebenen[1]) Form gebaut; er ermöglicht es, das Gitter um drei Achsen zu drehen und so alle nötigen Justierungen vorzunehmen. Das Gitter G ist mit leichten, elastischen Federn an die Halterplatte angedrückt und nicht weiter befestigt.

Der Spalt S hat eine vierfache Bewegungsfreiheit. Zunächst ist die ganze Schiene, welche sowohl die Spalteinrichtung als auch die dem Spektrographen als Projektionslinsen beigegebenen Quarzlinsen L trägt, so drehbar, daß die Achse des vom Spalte ausgehenden Lichtbüschels stets nach der Mitte des Gitters gerichtet werden kann.

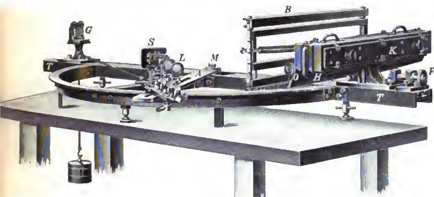


Fig. 1.

Die Schiene kann dann, wenn diese Einstellung erfolgt ist, festgeklemmt werden, und ihre Lage gegen den Arm A kann durch Ablesung eines in der Figur nicht sichtbaren, hinter dem Spalte angebrachten Kreisbogens notiert werden. Es ist zweckmäßig, für einige Lagen des Armes A die Richtung der den Spalt tragenden Schiene im voraus zu bestimmen und eine Tabelle anzulegen, sodaß man jederzeit mit Hülfe derselben und des Kreisbogens der Schiene die richtige Stellung geben kann.

Der ganze Spaltkopf ist dann weiterhin mittels eines Zahngetriebes heb- und senkbar, sodaß der Spalt leicht in die richtige Höhe zu bringen ist.

Die dritte Justierung ist in der Richtung der Verbindungslinie zwischen Spalt und Gitter auszuführen. Wäre der Spektrograph justiert und das Gitter selbst fehlerfrei, so würde die Entfernung des Spaltes vom Punkte M gleich der Entfernung dieses Punktes von der Gittermitte oder gleich dem halben Krümmungsradius des Gitters sein. Fällt dann außerdem noch die Verlängerung des Spaltes mit der Drehungsachse des Spaltkopfes zusammen, so würden bei jeder Bewegung des Armes A die Spektra auf der Platte scharf abgebildet werden. Diese Voraussetzungen sind nun nicht immer streng erfüllt, die Gitter sind nämlich zumeist mit dem von **Rydberg**[2]) gefundenen Fehler behaftet, und es muß deshalb die erwähnte Justierung

[1]) Siehe z. B. *Astronomy and Astrophysics* **11.** *S. 28. 1892.*
[2]) *Astronomy and Astrophysics* **12.** *S. 439. 1893.*

ausführbar sein. Zunächst läßt sich die Entfernung der Drehungsachse des Spaltkopfes vom Punkte M mit Hülfe des Schlitzes im Arme A ändern, sodaß sie dem halben Krümmungsradius des Gitters gleich wird. Der Spalt selbst ist aber außerdem noch in der Richtung der Verbindungslinie: Spaltmitte—Gittermitte durch ein Zahngetriebe verschiebbar, und die Größe dieser Verschiebung ist durch eine Skale mit Nonius meßbar. Hat also das Gitter den Rydbergschen Fehler, so wird man wiederum für verschiedene Lagen des Armes die Stellungen des Spaltes, bei denen das Spektrum völlig scharf auf der Platte ist, empirisch bestimmen und tabulieren.

Endlich kann noch die Neigung des Spaltes gegen die Vertikale meßbar verändert werden, sodaß der Spalt stets den Gitterlinien parallel gestellt werden kann.

Auf der Schiene, die den Spaltkopf trägt, sieht man in der Figur noch die Quarzlinsen L, von denen man je nach Bedarf entweder die Zylinderlinse oder die kurzbrennweitige oder die langbrennweitige oder eine Kombination derselben wählt. Das Bild der Lichtquelle wird mittels dieser Linsen indessen nicht direkt auf den Spalt projiziert, sondern auf eine kleine, fein mattierte Quarzplatte, die etwa 10 *mm* vor dem Spalt angebracht ist. Hierdurch wird die sonst sehr erhebliche Erhitzung des Spaltes bei längerem Projizieren des Bogens etwas herabgemindert. Der Hauptzweck der Platte aber ist der, daß das Gitter von diffusem, von der Quarzmattplatte ausgehendem Licht getroffen wird und die Beleuchtung des Gitters, selbst bei unruhigem Brennen des Bogens, stets eine sehr gleichmäßige und niemals einseitige wird, sodaß die Spektrallinien immer eine symmetrische Gestalt haben. Die Belichtungszeiten werden natürlich durch die Zwischenschaltung dieser Platte wesentlich verlängert, aber die erwähnten Vorteile sind so große, daß man nur bei sehr schwierigen Aufnahmen die in einem Rahmen steckende, leicht herausziehbare Quarzplatte entfernt.

Die aus gut getrocknetem Holze verfertigte Kassette K, welche einen Film von den Dimensionen 50 *mm* × 850 *mm* aufzunehmen hat, wird mittels der Handgriffe gefaßt und von oben in den mit Schwalbenschwanzführung versehenen Kassettenhalter H eingeschoben. Für die Auflagerung des Film befindet sich in der Kassette ein Holzrahmen, dem die für die Erlangung einer gleichmäßigen Schärfe über das ganze Spektrum hin nötige Krümmung gegeben ist. Dieser Rahmen läßt sich auch um einen kleinen Betrag drehen, sodaß seine Richtung gegen die Verbindungslinie von Gittermitte und Filmmitte innerhalb kleiner Grenzen variabel ist. Vor der Exposition des Film wird der Deckel O der Kassette herabgeklappt und die Blendenvorrichtung B, welche in einer Führung der Schiene TT läuft, so weit herangerückt, daß der als Blende dienende Metallstreifen, welcher eine analoge Krümmung wie der Film hat, nahe vor dem Film steht. Dieser Metallstreifen (der mittlere in dem Blendenhalter B der Figur) ist auf den zwei vertikalen Zylindern verschiebbar und kann in jeder Lage mittels zweier Klemmschrauben befestigt werden. Durch verstellbare Anschläge läßt sich der Betrag der Verschiebung beliebig festsetzen, sodaß man es leicht erreichen kann, daß das Vergleichsspektrum (Eisen) das zu untersuchende Spektrum berührt oder in dieses beliebig hineinreicht. Die Verschiebung dieser Blende zwischen den zwei Expositionen bringt, wie meine bisherigen Erfahrungen zeigen, keinerlei nachteilige Folgen hervor, was bei der großen Stabilität des ganzen Apparates auch vorauszusehen war.

Der ganze Spektrograph ist auf einem stark versteiften Holzgestell im Keller des Gebäudes für den photographischen Refraktor des Potsdamer Observatoriums aufgestellt, und zwar so, daß aus einem allseitig lichtdichten Raume nur der Spalt herausragt. Die hierdurch entstehende Wandöffnung ist durch einen lichtdichten Sack geschlossen, welcher an der einen Seite an der Wand, an der andern Seite am

Spalt selbst befestigt ist. Der ganze Gitterraum ist durch eine Tür mit doppelter Portiere zugänglich, sodaß er während einer Aufnahme betreten werden kann. Statt dieser, viel Platz erfordernden Aufstellung hätte man den Apparat auch ebenso gut in einem lichtdichten Kasten einschließen können. In dem erwähnten Keller ist indessen der nötige Platz vorhanden, und ich zog daher die obige Art der Aufstellung vor, da man stets auch während der Aufnahme kontrollieren kann, ob das Gitter gleichmäßig beleuchtet ist, weiterhin auch jede nötig werdende Berichtigung leicht vornehmen kann.

Die Justierung des Apparates vollzieht sich ebenso einfach wie die anderer Konkavgitterapparate. Zunächst werden alle Teile ganz roh justiert, wie es ohne weitere Hülfsmittel möglich ist. Man bringt z. B. den Spalt in die richtige Höhe, dreht das Gitter so, daß das Spektrum auf die Mittellinie der Platte fällt und in seiner ganzen Ausdehnung dieser Mittellinie parallel ist, u. s. w. Danach beginnt man mit der feineren Justierung, und zwar wird zunächst das Gitter in die richtige Entfernung vom Drehpunkte *M* des Spaltarmes gebracht. Diese Operation läßt sich sehr leicht und schnell erledigen. Man bringt über dem Drehpunkt, welcher durch ein in den Kopf der Schraube *M* eingebohrtes Loch gekennzeichnet ist, an einem feinen Neusilberdraht ein Lot an, welches genau nach jenem Drehpunkt zeigt. Man visiert dann mit einem auf unendliche Entfernung (Stern) eingestellten Fernrohre nach dem Gitter hin und schiebt letzteres so lange hin und her, bis das Spiegelbild des beleuchteten Neusilberdrahtes und das Fadenkreuz des Fernrohres gleichzeitig scharf erscheinen. Nach mehrfacher Wiederholung dieser Einstellung klemmt man den Gitterhalter an der Stelle fest, die dem Mittel der Einstellungen entspricht. Die Distanz: Drehpunkt—Gittermitte ist dann gleich dem halben Krümmungsradius des Gitters. Für das von mir benutzte Gitter folgte aus diesem Versuche als Krümmungsradius der Wert 1830,0 *mm*. Man hat bei der Ausführung dieser Untersuchung darauf zu achten, daß das benutzte Fernrohr keine wesentlich kleinere Brennweite hat, als der halbe Krümmungsradius des Gitters ist, da der Fehler in der Einstellung des Fernrohrs multipliziert mit dem Quadrat des Quotienten: $\frac{\text{halber Krümmungsradius des Gitters}}{\text{Brennweite des Fernrohrs}}$ in die Einstellung des Gitters eingeht. Weiterhin ist darauf zu achten, daß das Licht, mit welchem der Neusilberdraht beleuchtet wird, nahe dieselbe Farbe hat wie das, welches zur Einstellung des Fernrohrs auf unendliche Entfernung gedient hat. Eventuell wendet man mit Vorteil ein geeignetes Lichtfilter an.

Nach Ausführung dieser ersten Justierung wird das Gitter so gestellt, daß die Gitternormale genau nach der Plattenmitte zeigt und die Verbindungslinie der Mitten von Gitter und Platte parallel der Laufschiene des Gitterhalters und des Kassettenträgers ist. Zur Lösung dieser Aufgabe wendet man ein Gaußsches Okular an, das so an der Kassette angebracht wird, daß sein Fadenkreuz der Mitte der Platte entspricht. Man verschiebt dann die Kassette in der Laufschiene *TT* so lange, bis man gleichzeitig das direkte und das vom Gitter reflektierte Bild des Fadenkreuzes scharf sieht. Dann dreht ein Gehülfe an den Stellschrauben des Rowlandschen Gitterträgers so lange, bis das direkte und das reflektierte Bild des Fadenkreuzes sich absolut decken. Bleiben diese beiden Bilder nicht in Deckung, wenn man die Kassette mittels der Schraube *F* ein wenig hin und her bewegt, so ist dies ein Zeichen, daß die Verbindungslinie der Mitten von Gitter und Platte nicht parallel der Laufschiene der Kassette ist. Man muß dann das Gitter parallel zu sich selbst verschieben und die soeben beschriebene Justierung mittels des Gaußschen

Okulars wiederholen. Nach Beendigung dieser Berichtigung bestimmt man mit dem Gaußschen Okular den Krümmungsradius des Gitters, indem man an der Skale der Schraube F eine Anzahl Ablesungen für die Stellung der Kassette macht, bei welcher das direkte und das reflektierte Bild des Fadenkreuzes gleichzeitig scharf sind, und dann die Entfernung des Fadenkreuzes von dem Gitter mißt. Hierdurch gewinnt man eine Kontrolle für diese oben auf andere Art gefundene Größe. Der Wert 1830,4 *mm*, welcher für das hier verwendete Gitter erhalten wurde, stimmt genügend mit dem oben gefundenen überein, ein Zeichen, daß beide Justierungen keiner Wiederholung bedürfen.

Die letzte Justierung, die man mit dem Gitter selbst vornehmen muß, besteht darin, daß man dasselbe so um seine Normale dreht, daß das Spektrum völlig parallel der Mittellinie des Film wird. Ändert man dann noch die Höhe des Spaltes in passender Weise, so fällt das Spektrum mit der Mittellinie selbst zusammen. Es empfiehlt sich, danach nochmals mit dem Gaußschen Okular zu prüfen, ob sich die Lage der Gitternormale nicht geändert hat, und ob eventuell eine kleine Nachverbesserung vorgenommen werden muß. Im allgemeinen wird dies kaum nötig sein, und man kann an die Justierung der übrigen Teile des Spektrographen gehen. Zunächst wird man die Lichtquelle (Bogenlampe) so stellen, daß die Verbindungslinie zwischen dem brennenden Bogen und der Spaltmitte in ihrer Verlängerung die Gittermitte trifft. Man entfernt zu diesem Zwecke die Quarzmattscheibe vor dem Spalt und ebenso die Quarzlinsen und öffnet den Spalt etwa 1 *mm* weit. Nun verändert man die Stellung der Lampe derartig, daß sich das Bild des Bogens genau in die Mitte des Gitters projiziert. Setzt man dann die Quarzlinsen vor den Spalt und ändert ihre Distanz vom Spalt und ihre Höhe, bis um das Gitter herum ein gleichmäßig beleuchteter, zum Gitter symmetrisch liegender Lichtkreis sichtbar ist, so stehen die Linsen richtig, und man kann jetzt die Distanz des Spaltes vom Gitter bestimmen, bei welcher auf dem Film in der Kassette ein scharfes Spektrum entsteht. Kassette und Gitter waren nämlich bereits in die richtige gegenseitige Entfernung voneinander gebracht worden. Man verdampft in der Bogenlampe ein Metall, welches ein linienreiches, helles Spektrum gibt, z. B. Eisen, legt in die Kassette einen Film mit einer alten Spektralaufnahme ein und ändert die Entfernung des Spaltes vom Gitter so lange, bis man die Linien des Eisenbogens und die der alten Aufnahme mit einer Lupe gleichzeitig scharf sieht, und zwar muß dies für die Mitte wie auch für die Enden des Film der Fall sein. Findet dagegen dieses Scharfwerden in der Mitte des Film für eine andere Einstellung der Schraube F statt als am Rande, so ist dies ein Zeichen, daß die Kassette nicht symmetrisch zur Fokalkurve (Kreis) liegt. Man dreht dann die Einlage in der Kassette um den Betrag jener Einstellungsdifferenz, sodaß nun gleichzeitig auf dem ganzen Film das Spektrum scharf ist. Durch diese Operationen hat man eine leidlich genaue Einstellung des Spaltes erhalten, die man mit Hülfe der Skale am Spaltkopfe zahlenmäßig notiert. Zur genaueren Bestimmung der Spaltentfernung macht man nun für eine Anzahl Einstellungen des Spaltes zu beiden Seiten jener vorläufig ermittelten Einstellung photographische Aufnahmen des Eisenspektrums und sucht die beste heraus, welche dann die richtige Stellung des Spaltes anzeigt.

Das soeben beschriebene Verfahren erfordert wenig Mühe und Zeit und ist meist auch genügend genau. Da aber das Resultat allein auf der Beurteilung der Linienschärfe beruht, mag es vielleicht nicht befriedigend erscheinen und ist ein Verfahren, bei welchem die Einstellung exakter durch Messung und Rechnung erlangt

wird, vorzuziehen. Beim Konkavgitter ist nun die Hartmannsche afokale Methode, welche bei Prismen- und Plangitterspektrographen guten Erfolg hat, natürlich nicht anwendbar, da die Beugungsbilder vor und hinter dem Fokus voneinander wesentlich verschieden sind, wie ich mich durch eine Reihe von Aufnahmen auch praktisch überzeugt habe. Recht brauchbar erwies sich aber eine schon lange bekannte und öfters angewendete fokale Methode, welche allerdings auch auf der Beurteilung der Linienschärfe beruht, diese aber in einer derartigen Weise stattfindet, daß sie nahezu frei von Willkür wird. Das Prinzip dieser Methode besteht darin, daß man die Fokalkurve des Gitters an beliebigen Stellen durch stark geneigte photographische Platten durchschneidet, auf welchen, infolge dieser Neigung, nur ein sehr kleines Stück des Spektrums scharf werden kann, und man hierdurch für diese Punkte den Fokus sehr genau kennen lernt. Der Übergang von voller Schärfe zur Unschärfe der Linien wird außerdem ein ungemein rapider, während bei der oben beschriebenen Art der Fokusierung der Film möglichst sich der Fokalkurve anschließt und dadurch dieser Übergang ein sehr allmählicher, oft kaum merkbarer wird. Die Methode hat weiter noch den Vorteil, daß stets das ganze Gitter in Wirkung kommt und nicht, wie bei den afokalen Methoden, nur gewisse Teile des optischen Apparates zur Bilderzeugung benutzt werden.

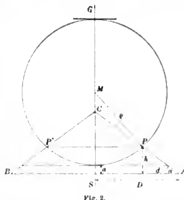


Fig. 2.

Zur Ausführung dieses Verfahrens entfernt man aus der Kassette die Einlage für den Film und befestigt auf dem abnehmbaren Verschluß der Kassette ein gut gearbeitetes, keilförmiges Brett ACB (Fig. 2) von etwa 2 *cm* Stärke, dessen Dimensionen[1]) man genau ausmißt. Die beiden Seiten AC und BC belegt man mit Stücken eines Films oder einer Trockenplatte, dann macht man bei einer bestimmten Einstellung der Kassette eine Aufnahme des Eisenspektrums. Wie man aus der Fig. 2 sieht, kann das Spektrum nur in den Punkten P und P' scharf werden, und es wird außerdem die Linienschärfe für die benachbarte Strecke außerordentlich rasch abnehmen. Belichtet man das Spektrum lange genug, so hat man genügend Eisenlinien auf der Aufnahme, um die Punkte P und P' der größten Schärfe mit großer Genauigkeit festzulegen. Man mißt dann mit einem Millimetermaß die Strecken AP und BP' und kann nun bei bekannten Dimensionen des Keiles die Größe h, das ist der Abstand der Fokalkurve von dem Kassettendeckel, für eine Entfernung d von der Spitze A des Keiles ausrechnen: $d = \overline{PA} \cos \alpha$, $h = PA \sin \alpha$. Durch eine zweite Aufnahme bei einer zweiten bekannten Einstellung der Kassette erhält man auf gleiche Weise die rechtwinkligen Koordinaten h und d zweier weiterer Punkte der Fokalkurve u. s. w. Nun ersieht man leicht aus Fig. 2, daß für jeden Punkt der Fokalkurve (Kreis) die Relation besteht[2])

$$\varrho^2 = (D - d)^2 + (\varrho + a - h)^2;$$

[1]) Für die später mitgeteilten Versuche ist ein Keil von folgenden Dimensionen benutzt worden: $AB = 784$ *mm*; $AC = BC = 404$ *mm*.

[2]) Setzt man $a^2 + 2\varrho a = X$, $\varrho + a = Y$, so hat man in X und Y lineare Gleichungen von der Form: $X - 2hY + (D - d)^2 + h^2 = 0$, aus denen man X und Y und damit ϱ und a auf leichte Weise berechnen kann:

$$\varrho = \pm \sqrt{Y^2 - X}, \quad a = Y - \varrho.$$

man hat demnach ebenso viele derartige Gleichungen, als man Punkte P bestimmt hat. Aus diesen Gleichungen kann man dann mittels der Methode der kleinsten Quadrate die Größen ϱ (halber Krümmungsradius des Gitters) und a (Abstand der Fokalkurve von der Kassettenrückwand) mit aller Schärfe bestimmen. Ändert man nun die Distanz des Spaltes vom Gitter, so ändert sich die Lage und die Gestalt der Fokalkurve, die nur dann streng ein Kreis ist, wenn der Spalt um ϱ vom Drehpunkte M absteht. Für andere Distanzen des Spaltes wird die Kurve theoretisch vom Kreise abweichen, aber diese Abweichungen sind für Stellungen des Spaltes, welche der richtigen nahe sind, bei der hier benutzten Länge des Spektrums praktisch so klein, daß man die Kurven, ohne Fehler zu begehen, ebenfalls als Kreise mit allerdings verändertem Radius ansehen kann. Man erhält also für jede Spaltstellung praktisch einen Kreis mit anderem Radius und anderer Lage zur Kassette, und wenn man das Verfahren für einige Spaltstellungen durchgeführt hat, kann man leicht für den aus den Versuchen mit dem Gaußschen Okular gefundenen, also bekannten Wert von ϱ die dazugehörige Spaltstellung interpolieren. Ein Beispiel wird dies klarer machen.

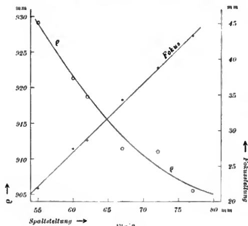


Fig. 3.

Für die Ablesungen an der Spaltskale: 55, 60, 62, 67, 72, 77 wurden die zugehörigen ϱ und die Einstellungen der Kassette berechnet und in ein Netz (Fig. 3) eingetragen. Man ersieht aus Fig. 3, daß dem vorher mit dem Gaußschen Okular bestimmten Werte von $\varrho = 915$ *mm* die Spaltstellung 65,3 und dieser die Fokusstellung 31,9 entspricht. Daß die bei anderen Spaltstellungen gefundenen Fokalkurven für die hier benutzte Länge des Spektrums tatsächlich nicht merkbar von Kreisen abweichen, zeigen die Differenzen zwischen den beobachteten h (h_0) und den berechneten (h_c) der Tabelle auf *S. 379*.

Es ist hier nirgends ein Gang in den Differenzen zu finden, welcher auf eine merkbare Abweichung der Fokalkurve von einem Kreise hinwiese. Daß diese ganze Justierung gut gelungen war, zeigte eine Aufnahme des Eisenspektrums nach Wiedereinsetzung der für einen Radius von 915 *mm* gekrümmten Filmeinlage. Über die ganzen 850 *mm* hin war das Spektrum vollkommen scharf.

Bei dem soeben beschriebenen Verfahren war vorausgesetzt, daß die Kassette senkrecht zur Verbindungslinie: Gittermitte—Kassettenmitte steht. Dies wird nun fast nie in Strenge erfüllt sein, und es ist daher praktisch, diese kleine Neigung gleich bei der Bestimmung der Spaltstellung mitzubestimmen. Nennt man den Winkel zwischen der Verbindungslinie: Gittermitte—Kassettenmitte und der Kassettennormale ϑ und setzt $(\varrho + a)$ tg $\vartheta = \varDelta$, so lautet jetzt die Gleichung zwischen den Bestimmungsstücken

$$\varrho^2 = (\varrho + a - h)^2 + (D - d + \varDelta)^2 \text{ [1]}.$$

[1]) Setzt man $a^2 + 2\varrho a + \varDelta^2 = X$, $\varrho + a = Y$, $\varDelta = Z$, so hat man für jeden Punkt P eine lineare Gleichung: $X - 2h\,Y + 2(D - d)\,Z + (D - d)^2 + h^2 = 0$. Man berechnet zunächst diese X, Y, Z und dann aus ihnen die ϑ, a, ϱ.

Spalt: 55 $\varrho = 929,1$		60 $\varrho = 921,3$		62 $\varrho = 918,7$		67 $\varrho = 911,4$		72 $\varrho = 911,0$		77 *mm* $\varrho = 905,5$ *mm*	
$D-d$	h_0-h_c	$D-d$	h_0-h_c	$D-d$	h_0-h_c	$D-d$	h_0-h_c	$D-d$	h_0-h_c	$D-d$	h_0-h_c
mm	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*
382	− 0,2	375	− 0,2	378	− 0,3	377	− 0,2	384	− 0,1	379	+ 0,5
352	+ 0,6	359	− 0,5	373	− 1,3	362	− 0,1	355	0,0	349	− 0,9
321	0,0	328	− 0,1	356	− 0,1	332	− 0,2	324	0,0	317	− 0,5
270	− 0,1	294	+ 0,4	328	− 1,7	300	− 0,1	273	+ 0,5	266	− 0,1
213	0,0	240	+ 0,5	292	+ 0,5	247	− 0,3	218	+ 0,1	208	+ 0,3
173	− 1,3	222	− 0,1	236	+ 1,2	226	+ 0,4	176	− 0,2	164	+ 0,4
119	+ 0,6	179	+ 0,1	219	0,0	185	+ 0,5	129	− 0,5	116	+ 0,1
62	+ 0,5	132	− 0,2	177	− 0,3	137	+ 0,9	72	+ 0,2	61	− 0,7
29	+ 0,4	77	0,0	129	− 0,2	87	− 0,2	40	+ 0,4	25	+ 0,1
31	− 0,4	48	− 0,6	73	0,0	82	+ 0,9	37	+ 0,9	22	+ 0,8
60	+ 0,9	43	+ 0,4	42	0,0	139	− 0,9	69	+ 0,6	55	+ 0,9
117	+ 0,4	73	+ 0,7	40	− 0,1	178	+ 0,6	126	0,0	115	− 0,3
168	− 0,7	129	0,0	70	− 0,2	226	− 1,3	175	− 1,0	163	− 0,1
210	− 0,4	177	− 0,2	126	+ 0,2	243	− 0,3	216	− 0,9	206	− 0,6
267	− 0,4	221	− 1,5	173	− 0,9	297	− 0,9	271	− 0,1	264	− 0,7
318	− 0,2	237	+ 0,1	216	− 0,3	327	+ 0,4	322	− 1,1	310	(+ 2,0)
350	− 0,7	291	+ 0,3	234	+ 0,4	357	+ 0,4	350	+ 0,8	341	(+ 2,0)
376	+ 1,1	325	− 0,6	288	− 0,7	371	+ 1,0	379	+ 0,5	374	+ 1,0
		353	+ 1,0	322	− 0,2						
		369	− 0,1	350	+ 1,6						
				367	− 0,1						
				372	+ 0,6						

Da diese Gleichung für jeden Punkt P gilt und man die Koordinaten (h, d) einer Anzahl Punkte P gemessen hat, so erhält man wieder ein System von Gleichungen der obigen Form, aus denen man mit Hülfe der Methode der kleinsten Quadrate die drei Unbekannten θ, a, ϱ bestimmt. Für den beschriebenen Apparat ergab sich $\theta = 0^{0}\,13'$, um welchen Betrag die Auflage für den Film gedreht wurde.

Ob eine Neigung der Kassette vorhanden ist, sieht man übrigens sofort daraus, daß die Strecken AP und BP' verschieden sind. Schon bei geringer Neigung ist diese Differenz merklich.

Schließlich ist noch als letzte Justierung des Spektrographen der Spalt den Gitterfurchen genau parallel zu stellen. Man erreicht dieses am besten, wenn man mit genügender Vergrößerung ein Bandenspektrum beobachtet, während ein Gehülfe den Spalt dreht. Es tritt hierbei ein Moment ein, wo man die feinen, sehr nahe stehenden Linien des Bandes am besten getrennt sieht; dies ist dann die beste Stellung.

Als gut geeignet für das in Rede stehende Gitter erwies sich die grüne Bande des Bogenspektrums des Fluorkalziums (Bremer-Stift), welche auch hell genug ist. Will man den Versuch photographisch durchführen, so photographiert man etwa die Cyanbanden bei verschiedenen Neigungen des Spaltschlitzes, da die Köpfe dieser Banden gleichfalls geeignete Objekte sind.

Nach dieser Anweisung für die Justierung des Konkavgitter-Spektrographen könnte es scheinen, als ob dies eine große und langwierige Sache wäre. In der praktischen Ausführung gestalten sich aber alle nötigen Operationen wesentlich kürzer als hier in der Beschreibung, welche absichtlich etwas breit und weitläufig gegeben ist, damit sie auch jenen leicht verständlich ist, welche nicht an das Arbeiten

mit dem Spektrographen gewöhnt sind. Die einzige, etwas Zeit und Arbeit kostende Operation ist die genaue Einstellung des Spaltes, welche eine ganze Reihe photographischer Aufnahmen erfordert[1]). Aber schließlich lohnt sich die Mühe, die man sich bei der Justierung gegeben hat, reichlich, da die Stabilität des ganzen Apparates so groß ist, daß auf sehr lange Zeit hin nichts zu ändern ist. Der Potsdamer Spektrograph ist jetzt $1^1/_2$ Jahre im Gebrauch, und 270 Aufnahmen sind mit demselben angefertigt worden, ohne daß sich irgendwelche Neukorrektionen bisher als nötig erwiesen hätten. Wenn man dagegen bedenkt, daß ein Konkavgitter-Spektrograph in Rowlandscher Aufstellung beinahe vor jeder Aufnahme ein Nachsehen und Nachjustieren erfordert, so wird man die Überlegenheit der Abneyschen Montierung leicht einsehen. Der Potsdamer Spektrograph hat übrigens die weitere gute Eigenschaft, daß die Fokuseinstellung innerhalb eines großen Temperaturgebietes (— 10° bis + 22° C. konstant bleibt.

Der Anwendung von Film[2]) für Spektralaufnahmen, an denen Messungen angestellt werden sollen, schienen anfangs einige Bedenken gegenüberzustehen, da man Schichtverziehungen fürchten mußte. Meine Versuche haben indessen mit Film von genügender Stärke des Zelluloids Resultate ergeben, die ihrer Anwendung wenigstens für Aufnahmen, bei welchen nicht die höchste Genauigkeit erstrebt wird, sehr günstig sind. Die Messungen von über 2000 Spektrallinien zwischen 4600 A.E. bis 2700 A.E. (Spektrum 2. Ordnung) auf drei verschiedenen Films ergaben eine Übereinstimmung untereinander, die der Genauigkeit der Exner-Haschekschen Messungen entspricht. Dazu ist zu bemerken, daß bei der Messung von mir nur je *eine* Einstellung mit der Meßschraube auf die messende Spektrallinie gemacht wurde; eine größere Anzahl Einstellungen würde zweifellos die Genauigkeit noch etwas vergrößern. Bei der Verwendung von Films hat man indessen auf folgendes zu achten, wenn man sich gegen Schichtverziehungen schützen will: der Film soll während der photographischen Prozeduren möglichst wenig mit den Händen berührt werden, und nach genügendem, aber nicht zu langem Wässern soll die Trocknung gleichmäßig und ohne Aussetzen vor sich gehen. Größere Wassertropfen auf der Rückseite hat man mit Filtrierpapier aufzusaugen, denn sonst entsteht leicht auf dem den Tropfen gegenüber liegenden Teile der Schicht eine Verziehung. Ich habe übrigens gefunden, daß dies auch bei Glasplatten, wenn auch seltner und in nicht so hohem Grade, der

[1]) Der Potsdamer Spektrograph ist zurzeit dauernd so gestellt, daß das Spektrum 2. Ordnung von 2200 A.E. bis 6200 A.E. auf den 850 *mm* langen Film fällt. Will man in einer andern Spektralgegend Aufnahmen machen, so verstellt man den den Spalt tragenden Arm *A* (Fig. 1), bis jene Spektralgegend in der Kassette sichtbar wird. Man hat dann für diese Armstellung natürlich einige der obigen Justierungen von neuem vorzunehmen. Da aber alle in Frage kommenden Teile mit Skalen versehen sind und der Spektrograph völlig stabil ist, so kann man, wenn diese Justierungen einmal vorgenommen sind, stets wieder ohne weiteres in die betreffenden Stellungen übergehen, ohne nochmals die Justierungen wiederholen zu müssen, man hat eben nur den zu verstellenden Teilen mit Hülfe der Skalen wieder ihre früher bestimmte Stellung zu geben. Ich verweise übrigens in bezug auf die Vornahme der Justierung für verschiedene Armstellungen auf den bereits erwähnten Aufsatz von Konen, wo alles in sachgemäßer und zweckmäßiger Weise auseinandergesetzt ist. Bei der beträchtlichen Größe der Kassette des hier beschriebenen Apparates reichen drei Armstellungen aus, um alle Spektren von der ersten bis zu den höheren Ordnungen, welche das Gitter gibt, photographieren zu können.

[2]) Films wurden für Prismen- wie für Gitterspektrographen frühzeitig verwendet (Kayser, Handbuch der Spektroskopie. 1. Bd. *S. 633*), da sie sich der gekrümmten Fokalfläche anschmiegen lassen, während Glasplatten in den meisten Fällen nicht so stark gebogen werden können, als es nötig ist.

Fall ist. Die von mir benutzten Films von 850 *mm* Länge und 50 *mm* Breite werden zunächst in einer Glasschale von etwa 900 *mm* Länge und 70 *mm* Breite mit Entwickler (Rodinal) begossen, nach beendeter Entwicklung in derselben Schale mit fließendem Wasser gewaschen, danach gleichfalls in derselben Schale fixiert und nochmals gewaschen. Dann werden sie an ihrem einen Ende etwa 10 *mm* breit zwischen Glasplatten mittels gewöhnlicher Holzklammern, wie sie der Photograph zum Trocknen der Papierkopien verwendet, festgeklemmt und inmitten eines Zimmers aufgehängt, welches bei feuchtem Wetter durch einen Gasofen leicht geheizt wird. An das untere Ende des Film klemmt man ebenso einen Glasstreifen, um den Film durch das Gewicht des Glases etwas zu spannen. Die Films trocknen so meist in 2 bis 5 Stunden gleichmäßig, rollen nicht, sondern bleiben völlig flach, sodaß man sie gut in den Meßapparat legen kann.

Zum Schlusse sei mir noch gestattet, auf die große Nützlichkeit spektrographischer Untersuchung für gewisse technische Zwecke hinzuweisen, denn obwohl diese außerordentlich feine und empfindliche Untersuchungsmethode erfreulicherweise in der wissenschaftlichen Chemie in letzter Zeit immer mehr in Anwendung kommt, wird sie in der chemischen Technik noch kaum oder in nur sehr geringem Maße gepflegt. Und doch dürfte sie gerade hier in vielen Fällen sehr große Arbeitsersparnis mit sich bringen. Ich meine die spektrale Analyse von Erzen, Mineralien, Metall-Legierungen und technischen Präparaten. Man erhält durch spektrographische Untersuchung sehr geringer Mengen eines Erzes in kürzester Zeit meist völligen Aufschluß über die chemischen Bestandteile des vorliegenden Materials. Ein Beispiel dürfte dies zeigen. Ein bleihaltiges Erz aus Michelbach bei Altenkirchen wurde mir zur spektrographischen Untersuchung übergeben, und es wurden davon 0,2 *g* im Lichtbogen verdampft. In der resultierenden Spektralphotographie waren sehr stark vorhanden: Blei und Aluminium; schwach Eisen, Titan, Kalzium, Magnesium, Silber, Kupfer, Zinn, Antimon, Nickel, Baryum, Gallium, Kalium, Natrium, Silizium, Chrom, Vanadium. Ein Zinkerz aus derselben Gegend enthielt außer Zink noch viel Blei, dann Silber, Kupfer, Aluminium, Silizium, Baryum, Magnesium, Kalzium, Zinn, Mangan, Chrom, Vanadium, Titan, Nickel, Gallium, Indium. Thallium und Antimon waren sicher abwesend. Zum chemischen Nachweise jener äußerst geringen Mengen Silber, Kupfer u. s. w. in diesen zwei Erzen würde die mühevolle und zeitraubende Verarbeitung recht beträchtlicher Mengen Erz nötig gewesen sein.

Hat man sich etwa vorher nach und nach die Spektra der häufigst vorkommenden Elemente photographiert, so genügt meistens der direkte Vergleich des Spektrums des zu untersuchenden Materials mit diesen Aufnahmen, um die Zusammensetzung des zu prüfenden Materials kennen zu lernen, sonst aber ergibt die leicht ausführbare Messung und die ebenso leichte Reduktion der Messungen in Verbindung mit den Spektraltabellen von Exner und Haschek das gewünschte Resultat. Man kann viele Erze wie die von Silber, Gold, Blei, Zink, Kupfer, Zinn, Eisen u. s. w. meist ohne weitere vorbereitende chemische Verarbeitung durch direktes Verdampfen im Bogen spektrographieren; bei andern sehr kompliziert zusammengesetzten, wie z. B. den Titanaten, Tantalaten u. s. w. der seltnen Erden, welche für die Nernst-Lampenindustrie von Bedeutung sind, wird man nur wenige, ganz rohe Zerlegungen vorzunehmen brauchen. Beispielsweise wird man den Euxenit, ein derartiges Erz, nach feinem Pulvern durch Abdampfen mit Schwefelsäure aufschließen, den wasserlöslichen Teil mit Oxalsäure fällen, die restierende Lauge eindampfen und nun diese drei Teile, welche die Erdsäuren, die seltnen Erden und die übrigen Be-

standteile enthalten, in dem Bogen verdampfen. Man wird auf diese Weise leicht die geringen Ytterbiummengen und die Spuren von Skandium (0,002 bis 0,003 % nach Cleve) mit voller Sicherheit auffinden und so ohne monatelange Fraktionierungen entscheiden können, ob das vorliegende Mineral zur Gewinnung dieser beiden Substanzen geeignet ist. Nur die Gase und einige Metalloide (z. B. Schwefel) lassen sich nicht direkt spektralanalytisch in den Erzen nachweisen, es ist für sie immer eine vorausgehende chemische Behandlung nötig.

Durch die spektrographische Untersuchung der in der Technik jetzt so viel verwendeten Metall-Legierungen oder auch von andern Fabrikaten (Glühstrümpfe, Nernst-Stifte u. s. w.) ist man in der Lage, mittels einer einzigen Aufnahme beurteilen zu können, ob Nachahmungen oder Patentverletzungen vorliegen.

Für alle diese technischen Anwendungen der Spektrographie ist nun der oben beschriebene Apparat besonders geeignet, weil er infolge seiner Stabilität nach einmaliger gründlicher Justierung dauernd brauchbar ist; ferner weil die mit demselben erzeugten Spektra eine genügende lineare Ausdehnung haben, sodaß man mit Sicherheit die Vergleichungen vornehmen oder die Wellenlängen bestimmen kann, und weil schließlich die Verwandlung der Messungen in Wellenlängen zum Vergleiche mit den wertvollen Tabellen von Exner und Haschek nicht wie bei allen Prismenapparaten umständliche und lästige Rechnungen mit sich bringt.

Potsdam, Astrophysikalisches Observatorium.

Referate.

Genaue Zeitübertragung durch das Telephon.

Von E. Guyou. *Compt. rend.* **140.** *S. 1429. 1905.*

Anstatt, wie es häufig geschieht, zwei Uhren mittels des Telephons so zu vergleichen, daß die bei der einen Uhr stehende Person der bei der andern Uhr stehenden die Zeit der ersteren zuruft, solle man, wie Verf. empfiehlt, zur Erlangung einer größeren Genauigkeit die Sekundenschläge der Normaluhr durch das Telephon direkt hörbar machen, indem man ein Mikrophon in der Normaluhr anbringt. Da das Mikrophon mit dem Getriebe der Normaluhr in keiner Verbindung steht, so beeinflußt es auch deren Gang nicht im mindesten. Die Idee ist zweifellos richtig und gut, aber auch so naheliegend, daß sie gewiß schon häufigere Anwendung gefunden hat. In Jena wird wenigstens schon seit Jahr und Tag die Hauptuhr der seismischen Station auf diese — hier von Hrn. Dr. Eppenstein eingerichtete — Weise mit der Hauptuhr der Sternwarte verglichen. Während aber nach dem Vorschlag des Verf. zwei Personen zur Vergleichung nötig sind, indem die eine der anderen die Sekunde zuruft, worauf die letztere Person die Sekunden weiter zählt, genügt auf der seismischen Station in Jena eine einzige Person, weil die Uhr, deren Schläge durch das Telephon gehört werden, zu Beginn jeder Minute einen Kontakt schließt, welches Geräusch natürlich auch mit gehört wird und dem Beobachter die Kenntnis vom Beginn der Minute jener Uhr verschafft.

Bei Längenbestimmungen, fügt Verf. hinzu, können nach dieser Methode die Beobachter an beiden Stationen nach den Schlägen derselben Uhr beobachten. *Kn.*

Geographische Längenbestimmung zur See durch Chronometertransport.

Von Driencourt. *Compt. rend.* **140.** *S. 639. 1905.*

Vor kurzem ist hier (*diese Zeitschr.* **24.** *S. 359. 1904*) über den Versuch von Ditisheim zur Bestimmung des Zeitunterschiedes zweier Meridiane durch Eisenbahntransport von Uhren und über die dabei erlangte hohe Genauigkeit berichtet worden. Nicht weniger

hervorragend sind die Leistungen der heutigen Schiffschronometer bei der Zeitübertragung durch den Chronometertransport zur See, wofür Driencourt in der hier angezeigten Notiz ein Beispiel gibt.

Die Längenunterschiede zwischen Nosy-Maroantaly an der Westküste von Madagaskar und zwischen Port des Galets (auf Réunion) und dem Flaggenmast in Hellville (Nossi-Bé), welcher Punkt den Fundamentalmeridian für die geographischen Koordinaten der Punkte in den französischen Besitzungen in und um Madagaskar vorstellt, sind auf mehreren Reisen der „Nièvre" durch Chronometertransport festgestellt worden. Zur Bestimmung der Stände und daraus der Gangformeln der Uhren hat am Land dabei die Methode der Beobachtung gleicher Sternhöhen mit Hülfe des Claude-Driencourtschen Prismenastrolabiums gedient und der Verf. betont abermals die große Bequemlichkeit, Raschheit und Genauigkeit dieses Verfahrens. Bei sieben Reisen zwischen Hellville und Maroantaly, wobei die Dauer höchstens 11 Tage, zweimal 8 Tage betrug, haben die drei besten Chronometer folgende Ergebnisse geliefert:

	Mittel der 7 Werte:	Maximum—Minimum der 7 Werte:
Nr. 771 Leroy	$17^m\ 24{,}46^s$	$0{,}44^s$
„ 55 Berthoud	17 „ 24,44 „	0,76 „
„ 1495 Delépine	17 „ 24,29 „	0,70 „

Das Mittel der drei angeschriebenen Werte für den Längenunterschied, $17^m\ 24{,}40^s$, stimmt zufällig mit dem Durchschnitt der 56 von den 8 Uhren gelieferten Längenunterschiedszahlen genau überein; der Verf. schätzt den Fehler dieser Zahl auf nicht über $0{,}1^s$. Bei der Bestimmung der geographischen Länge des Port des Galets gegen Hellville durch zwei Reisen zeigte das Chronometer 434 Jacob so ausgezeichneten Gang, daß Driencourt die von diesem Chronometer allein gelieferte Zahl für nicht über $^1/_2{}^s$ falsch hält.

Hammer.

Der Rechenschieber von Masera.

*Nach Schweiz. Bauztg. **45.** S. 189. 1905.*

Die neue Einrichtung soll die Vorteile der Rechen-*Scheiben* mit der bequemen Form und Handhabung der Rechen-*Stäbe* verbinden. Es sind nur die zwei aneinander verschiebbaren logarithmischen Grundteilungen vorhanden, der neue Schieber ist also nur für Multiplikation und Division bestimmt, nicht zur Rechnung mit Potenzen; dabei hat die Grundstrecke die Länge von 25 *cm*, den *CD*-Teilungen des gewöhnlichen Rechenschiebers entsprechend. Die zwei Skalen sind auf Stahlbändern eingeätzt, die eine bewegliche auf einem Stahlband ohne Ende, das über zwei an den Enden des Schiebers angebrachte Rollen läuft. Diese bewegliche Skale wird mit Hülfe einer in Nuten eingelassenen Führung eingestellt. Die Teilungen sind durch eine fest aufliegende Glasplatte abgedeckt, sodaß beide Stahlbandteilungen genügend genau in derselben Ebene liegen und nur ganz kleine Parallaxe möglich ist. Ein Läufer ist selbstverständlich beigegeben. Die Teilungen sollen „außerordentlich klar und deutlich" sein. Leider ist der Notiz weder eine Abbildung beigegeben, noch ist Fabrikant und Preis des neuen Schiebers genannt.

Hammer.

Ein neuer Schichtenlinieneinschalter.

Von S. Truck. *Zeitschr. f. Vermess.* ***34.*** *S. 377. 1905; Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Vereins* ***57.*** *S. 313. 1905.*

Nach einem im österr. Ing.- und Arch.-Verein im März d. J. gehaltenen Vortrag veröffentlicht der Verf. hier die Beschreibung eines einfachen Apparats, der wie seine außerordentlich zahlreichen Vorgänger (der Verf. zählt 23 auf) den Zweck hat, zwischen zwei auf dem kotierten Plan eingetragenen Höhenpunkten Punkte mit runder Höhenzahl einzuschalten. Er verlangt, daß das zu verwendende Instrument einteilig sei, nicht aus zwei oder mehreren

Teilen bestehe, daß es einfach, handlich, dauerhaft und billig sei, endlich rasch und genau zu arbeiten gestatte. Das Instrumentchen des Verf., von Gebr. Fromme in Wien (Herbeckstraße 27) in Metall ausgeführt (Preis 20 Kr.), besteht nun aus einem 200 *mm* langen Kantenmaßstab und einem darum drehbaren und feststellbaren Lineal mit Zeichenkante und Strichmarke. Der Gebrauch ist offenbar bequem. Es sollten übrigens einmal Versuche über den Zeitaufwand für z. B. 1000 Einschaltungen mit einem Dutzend der verbreitetsten Hülfsmittel dieser Art gemacht werden.

Die zweite oben genannte Stelle gibt nur einen kurzen Auszug des Vortrags, dem einige von Insp. V. Pollack in jener Versammlung gemachte Bemerkungen (Anwendung des „Interpolationsrasters“ oder noch einfacher eines Stücks Millimeterpapiers) beigefügt sind. In der *Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Vereins* **57.** *S. 344. 1905* macht ferner R. Müller in Wien darauf aufmerksam, daß ihm ein ganz ähnlich eingerichteter „Schichtensucher“ schon 1885 für Österreich patentiert worden sei; das Instrumentchen sei, allerdings in nur wenigen Exemplaren (weil viel zu fein ausgeführt und deshalb zu teuer, 25—30 Gulden), von Neuhöfer & Sohn angefertigt worden. *Hammer.*

Ein neuer elektrischer Ofen; Bestimmung des Platinschmelzpunkts.

Von J. A. Harker. *Chem. News* **91.** *S. 250, 262, 274 u. 287. 1905.*

Der beschriebene Ofen ist aus einer Röhre aus Nernst-Masse mit Platinelektroden und einer zweiten konzentrischen aus Hartporzellan mit einer Wickelung aus Nickeldraht zusammengesetzt. Der Zwischenraum zwischen beiden ist mit Zirkonerde ausgefüllt. Die außen befindliche Porzellanröhre dient zum Vorwärmen des Nernst-Rohres und ist in einen Wärme isolierenden Schutzzylinder vertikal eingebettet. Röhren aus Nernst-Masse sind übrigens schon früher, u. a. in der Reichsanstalt (vgl. F. Kurlbaum und Günther Schulze, *Verhandl. d. Deutsch. physikal. Gesellsch.* **5.** *S. 427. 1903*) gebraucht, was der Verf. nicht erwähnt. Sie haben sich aber nicht bewährt, weil nach längerem oder kürzerem Gebrauch, vermutlich infolge von Elektrolyse oder chemischen Reaktionen, das Material inhomogen wurde und dann Unregelmäßigkeiten der Temperaturverteilung veranlaßte.

Der vom Verf. beschriebene Ofen soll bis etwa 2000° C. brauchbar sein.

Zur Bestimmung des Platinschmelzpunkts in diesem Ofen wurden eine Anzahl Thermoelemente benutzt, deren einer Schenkel ein Platindraht war, während der andere aus Legierungen des Platins mit 10% Rhodium oder Iridium verschiedener Herkunft bestand. Diese Elemente verglich man in einem elektrischen Röhrenofen zwischen 400° und 1250° mit Normalthermoelementen, welche die Skale der Reichsanstalt repräsentieren, stellte die Thermokraft als Funktion der Temperatur durch eine quadratische Formel dar, die innerhalb einer Genauigkeitsgrenze von $\pm 2°$ in dem erwähnten Temperaturintervall die Beobachtungen wiedergab, und extrapolierte nun mit dieser Formel auf höhere Temperaturen bis zum Platinschmelzpunkt. Dieser wurde in dem oben beschriebenen Ofen dadurch bestimmt, daß man bei langsam steigender Temperatur die Thermokraft im Augenblick des Durchschmelzens ablas.

Als wahrscheinlichen Wert für den Platinschmelzpunkt auf Grund dieser Beobachtungen gibt der Verf.

$$1710° \pm 5° \text{ C.}$$

an; die extremen Werte betragen 1692° und 1712°. Die Übereinstimmung ist recht befriedigend, wenn man einmal die starke Extrapolation in Betracht zieht und zweitens bedenkt, daß Änderungen der Thermokraft der Elemente kurz vor dem Durchschmelzen eines ihrer Schenkel nicht auszuschließen sind.

Zum Vergleiche seien von den neuesten Beobachtungen[1]) erwähnt:

[1]) Beobachter zu 1. und 2.: Holborn und Henning (*Ber. d. Berl. Akad. 1905. S. 316*).

1. 1710° (Durchschmelzen eines Le Chatelierschen Elements),
2. 1729° (Temperaturbestimmung optisch).

In derselben Anordnung und mit denselben Elementen wurde der Schmelzpunkt des Nickels vom Verf. zu

$$1427^\circ \pm 3^\circ \text{ C.}$$

ermittelt. *Rt.*

Optische Messung der Differenz zweier Dicken.

Von A. Perot und Ch. Fabry. *Compt. rend.* ***138.*** *S. 676. 1904.*

Gegeben seien zwei feste Luftplatten, sogenannte Dicken-Etalons, L und L' von den Dicken E bezw. E' und ein schwach keilförmiger Luft-Etalon l von der etwas variablen Dicke e, die unter 150 μ bleibe. Ist nun die Größe $\frac{E' \pm e}{E}$ eine ganze Zahl oder ein einfacher Bruch, so kann die Vergleichung der Dicken ohne Interferometer einfach in der folgenden Weise geschehen. Man stellt die drei Luftplatten hinter einander auf und beleuchtet mit weißem parallelen Licht, das senkrecht durch die Platten hindurchgeht. Visiert man alsdann l an, so erblickt man durch Superposition der drei Luftschichten entstehende Fizeausche Streifen, welche folgendermaßen entstehen. Ist z. B. E' nahezu gleich $2\,E$, so haben der in L viermal reflektierte, durch L' und l direkt hindurchgegangene Strahl und der durch L direkt hindurchgegangene, in L' und l je zweimal reflektierte Strahl eine sehr geringe Wegdifferenz, sodaß also die Gesamtheit der Strahlen gute Interferenzstreifen geben wird. Längs der Geraden, wo genau

$$2\,E = E' + e$$

ist, befindet sich der weiße Streifen, zu beiden Seiten gefärbte Streifen. Ist daher der Luft-Etalon l geeicht, so findet man leicht den Unterschied zwischen E und E'.

In Wirklichkeit können zahlreiche Streifensysteme entstehen, jedes mit einem weißen Streifen entsprechend

$$2\,E + e = E'$$
$$2\,E = E' + 2\,e \qquad 2\,E + 2\,e = E'$$

u. s. f. Die Dicken E und E' müssen daher angenähert bekannt sein.

Da hier der Luft-Etalon l eine Rolle spielt analog derjenigen des Reiters bei der Wägung, so nennen die Verf. dieses Verfahren zur Vergleichung von Dicken die Reitermethode. Nach einer dieser sehr ähnlichen Methode haben die Verf. schon vor Jahren Messungen ausgeführt (vgl. das Referat in *dieser Zeitschr.* ***23.*** *S. 25. 1903*). *Schck.*

Polaristrobometrograph oder registrierendes Polarimeter.

Von G. Gaillard. *Compt. rend.* ***138.*** *S. 853. 1904.*

Um den Verlauf von Reaktionen in optisch aktiven Substanzen mit der Zeit verfolgen zu können, falls mit den Reaktionen Änderungen des optischen Drehungsvermögens verbunden sind, schlägt der Verf. die folgende Registriermethode vor. Auf einer Bank werden ein Gaumontscher Kinematograph und ein Laurentscher Halbschattenapparat befestigt und durch einen Balganzug miteinander verbunden. Am Polarisationsapparat wird das Okular entfernt und die Laurentsche Platte von einer halben Wellenlänge Gangunterschied fest mit dem Analysator verbunden. Mit dem Bewegungsmechanismus des Kinematographen ist zwangsläufig eine Vorrichtung verbunden, welche den Analysator regelmäßig um einen kleinen Winkel hin- und herdreht. Die Größe dieser Drehung sowie ihre Geschwindigkeit läßt sich regulieren und die Vorrichtung so einstellen, daß der Analysator bei seinen Drehungen auch immer den Einstellungspunkt passiert, wo die beiden Felder die gleiche Helligkeit haben.

Benutzt man zur Beleuchtung den durch geeignete Strahlenfilter herausgeschnittenen, violetten Teil von Bogenlicht oder einer Nernst-Lampe von 3 Amp., so kann man in der

Sekunde 5 bis 10 Bilder von dem Gesichtsfelde mit der Laurentschen Platte photographisch aufnehmen. Aus den Bilderreihen läßt sich demnach leicht feststellen, zu welchen Zeiten der Analysator gerade durch den Einstellungspunkt hindurchgegangen ist. Wie groß zu eben diesen Zeiten der für das optische Drehungsvermögen in Betracht kommende Drehungswinkel gewesen ist, läßt sich gleichfalls aus den Bildern ersehen, weil ein feststehender horizontaler Faden als Index stets mitphotographiert wird. Die Änderungen des Drehungswinkels sind also direkt gleich denjenigen, welche der Winkel zwischen dem Faden und der durch die Laurentsche Platte erzeugten, geraden Trennungslinie im Gesichtsfelde aufweist. *Schck.*

Mikroskopische Bestimmung der Lage einer spiegelnden Fläche. Optischer Kontakt.

Von K. Prytz. *Ann. d. Physik* **16.** *S. 735. 1905.*

Der Verf. verfolgt in der mitgeteilten Arbeit das Ziel, eine neue Methode zu geben für die Bestimmung „der gegenseitigen Lage zweier spiegelnden Flächen oder der Änderung der Lage einer einzelnen Fläche“; er hat besonders im Auge die Bestimmung „der Höhendifferenz zweier Quecksilberflächen bei Druckmessungen und der Distanz zwischen zwei geschliffenen Flächen bei der Messung von Dimensionen eines geschliffenen Körpers“.

Die Methode beruht auf der Herstellung „optischen Kontaktes“ zwischen einem Beobachtungsmikroskop und einer spiegelnden Fläche. Sie soll in einigen der Fälle angewendet

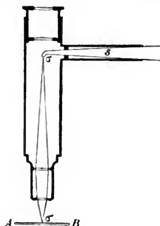


Fig. 1.

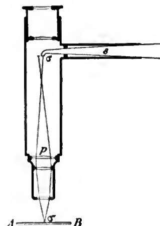


Fig. 2.

werden, in denen die gebräuchlichen Methoden, nämlich einerseits die kathetometrische, andrerseits die der mechanischen Kontakteinstellung, nicht genau genug arbeiten, auf Schwierigkeiten stoßen oder versagen.

Zur Erläuterung der Methode dienen zunächst die Fig. 1, 2, 3. In den Tubus eines Mikroskops (Fig. 1) ist in der Nähe des Okulars ein massiver Kegel *s* aus durchsichtigem Glas eingeführt. Der Mantel des Kegels ist versilbert, die äußere Endfläche abgeschliffen, die Spitze in der Achse des Tubus umgebogen und so abgeschliffen, daß eine senkrecht zur Mikroskopachse liegende Kreisfläche σ von 1 *mm* Durchmesser entsteht. In der Mitte von *s* sind zwei feine parallele Striche im Abstand von $\frac{1}{40}$ *mm* eingeritzt und mit Silber ausgefüllt. Sie erscheinen im durchfallenden Lichte schwarz auf hellem Grund.

Das Okular wird auf den Rand von σ scharf eingestellt, das ganze Mikroskop annähernd senkrecht auf die spiegelnde Fläche *AB* gerichtet. Durch die äußere Endfläche

von s wird Licht hineingesandt, das nach mehreren Reflexionen die Fläche σ erreicht. Von σ, als Objekt betrachtet, entwirft das Objektiv ein verkleinertes Bild σ'. Das Licht wird von der spiegelnden Fläche AB durch das Objektiv zurückgeschickt und erhellt das Gesichtsfeld des Okulars. Das Gesichtsfeld wird dunkel in dem Augenblick, wo — nach der Definition des Verfassers — „*optischer Kontakt*" zwischen Mikroskop und Spiegelfläche erreicht ist, d. h. wo das Bildchen σ genau in die Fläche AB fällt; denn in diesem Augenblick tragen sämtliche von AB durch das Objektiv zurückgeschickten Strahlen zur Erzeugung eines sekundären vergrößerten Bildes von σ' bei, das nach Lage und Größe genau mit dem Objekt σ zusammenfällt.

Ein schärferes Kriterium für das Bestehen des „optischen Kontaktes" als die Verdunkiung des Okularfeldes (Fig. 1) wird in der Anordnung erzielt, die Fig. 2 darstellt. Über dem Objektiv ist ein Doppelprisma p eingeschaltet, dessen Hälften brechende Winkel von je 12' besitzen. Jetzt entstehen zwei primäre Bilder σ', und im Falle „optischen Kontaktes" zwei sekundäre Bilder, die in der Ebene von σ liegen und senkrecht zur Kante von p gegen σ verschoben sind. Man sieht also, wenn nicht wie in Fig. 2 der Lichtleiter s das eine Bild verdeckt, im Augenblicke optischen Kontaktes gleichzeitig scharf den Rand von σ und rechts und links ein Bild von σ (Fig. 3). Die eingeritzten Striche bilden hierbei ein sehr empfindliches Objekt.

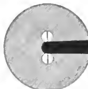


Fig. 3.

Die Genauigkeitsgrenze für die *Einstellung* auf „optischen Kontakt" untersucht der Verf. eingehend nach einer Interferenzmethode und findet bei der gewählten Anordnung — **Zeiss'** Achromatobjektiv B (Vergr. 20-fach), **Zeiss'** Kompensationsokular Nr. 8 (Vergr. 8-fach), AB eine versilberte Glasfläche — für eine Reihe von 65 Einstellungen einen mittleren Einstellungsfehler von 0,57 μ.

Mit diesem Befund schließt die mitgeteilte Arbeit im wesentlichen ab. Es fehlt jede Angabe darüber, wie nun die Messung der *Verschiebung* des Lichttasters, d. h. die Tubusverschiebung des Mikroskops, die zur Einstellung auf zwei ihrem Abstande nach zu bestimmende Flächen nötig ist, bewerkstelligt werden soll, wenn man auch hierfür auf die Genauigkeit von μ kommen will, die der Verf. in den Schlußbemerkungen den beabsichtigten Abstandsmessungen zuschreibt. Ob man mittels der Mikrometerschraube für die Feinverstellung des Mikroskops mäßige Tubusverschiebungen mit dieser Genauigkeit messen kann, erscheint auch bei den besten Stativen höchst zweifelhaft und bedarf in jedem Falle einer eingehenden Sonderuntersuchung. Die Erreichung jener großen Genauigkeit und damit volle Ausnutzung der vom Verf. gefundenen Einstellungsgenauigkeit erscheint möglich, wenn man sich etwa das ganze Mikroskop mit dem Lichttaster an die Stelle des körperlichen Tasters (Metallstab mit Achatkugel) des **Abbe**schen Dickenmessers gebracht denkt (vgl. *diese Zeitschr.* **12.** *S. 309. 1892*), wo tatsächlich die Verschiebung des Tasters bis auf etwa 1 μ genau bestimmt werden kann.

Denkt man sich auf irgend eine Weise die Verschiebung des Lichttasters wirklich so genau gemessen, so muß man im Auge behalten, daß die erhaltene Länge den gesuchten Abstand der beiden spiegelnden Flächen ergibt, aber dividiert durch den Kosinus des Winkels zwischen Mikroskopachse und Flächennormale, was beispielsweise für einen Winkel von $2\frac{1}{2}°$ einen positiven Fehler im Resultat von 0,1% bedingt. Für die Kleinheit dieses Winkels jedoch liegt in der Methode selbst, wie auch der Verf. ausdrücklich bemerkt, kein Kriterium, außer daß die sekundären Bilder von σ (Fig. 3) beide in ihrer ganzen Ausdehnung scharf sein müssen. *Wa.*

Neues Verfahren zur Bestimmung von Selbstinduktionskoeffizienten.

Von **W. Peukert.** *Elektrotechn. Zeitschr.* **26.** *S. 922. 1905.*

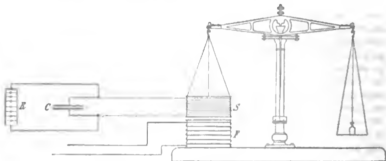
Die Spule S, deren Selbstinduktion L zu messen ist, wird geschlossen durch eine Kapazität C und einen parallel dazu geschalteten Widerstand R. S ist an einer Wage aufgehängt, und zwar unmittelbar über einer Spule F, durch die ein Wechselstrom fließt. C und R werden so reguliert, daß die Phasenverschiebung der Ströme in S und F 90° beträgt. In diesem Falle üben S und F keine Kraft aufeinander aus; die Wage spielt somit auf ihre

Null-Lage ein. Wie bereits eine Zuschrift von Zipp *a. a. O.* **26.** *S. 1087. 1905* gezeigt hat, ist die von Peukert gegebene Berechnung unrichtig. Die Rechnung läßt sich unter Benutzung der imaginären Darstellung von Wechselströmen folgendermaßen durchführen. Ist r der Widerstand der Spule S, so ist der Widerstandsoperator des gesamten induzierten Kreises

$$r + \omega L i + \frac{R \frac{1}{i \omega C}}{R + \frac{1}{i \omega C}} = r + \omega L i + \frac{R(1 - i \omega C R)}{1 + \omega^2 C^2 R^2}$$

$$= r + \frac{R}{1 + \omega^2 C^2 R^2} + \omega i \left(L - \frac{C R^2}{1 + \omega^2 C^2 R^2} \right).$$

Die induzierende elektromotorische Kraft in S ist gegen den Strom in F um 90° in der Phase verschoben; soll also auch der Strom in S dieselbe Phasenverschiebung gegen den Strom in F besitzen, so müssen elektromotorische Kraft in S und Strom in S in Phase



sein, d. h. der Gesamtwiderstand des induzierten Kreises muß sich verhalten wie ein reiner ohmischer Widerstand, das imaginäre Glied des Operators muß also gleich Null sein, d. h.

$$L = \frac{C R^2}{1 + \omega^2 C^2 R^2}.$$

Arbeitet man mit niedrigen Periodenzahlen, so kann man in erster Annäherung setzen

$$L = C R^2.$$

Die Selbstinduktion wird also berechnet aus einem Widerstand, einer Kapazität und einer Periodenzahl, wobei die Kenntnis der letzteren nur näherungsweise erforderlich ist. Die Methode liefert einwandsfreie Resultate nur für sinusförmigen Strom.

Übrigens kann man die Wage durch ein Dynamometer ersetzen, dessen feste Spule F ist. Auf die bewegliche Spule, die mit F in Serie geschaltet ist, läßt man S wirken.

E. O.

Bestimmung des Trägheitsmomentes von Magneten bei der Messung der Horizontalintensität.

Von W. Watson. *Proc. Phys. Soc. London* **19.** *S. 636. 1905; Phil. Mag.* **10.** *S. 130. 1905.*

In die absolute Messung der Horizontalintensität des Erdmagnetismus geht als wesentlicher Bestandteil die Bestimmung des Trägheitsmomentes eines Magnets ein. Man führt diese nach dem Vorgange von Gauß gewöhnlich so aus, daß man den am Faden aufgehängten Magnet im magnetischen Felde der Erde einmal allein und dann nach Hinzufügung eines Körpers von bekanntem Trägheitsmoment schwingen läßt. Als solchen benutzt man jetzt gewöhnlich einen möglichst genau zylindrischen Stab aus einem unmagnetischen, möglichst homogenen Metall, also einen Körper, dessen Trägheitsmoment man aus seiner

Masse und seinen Dimensionen mit großer Genauigkeit berechnen kann. Die Schwingungsbeobachtungen ergeben dann mit gleichwertiger Schärfe das Verhältnis der Trägheitsmomente des Magnets und des Hülfskörpers und damit auch das erstere. Dagegen, dieses unmittelbar auf demselben Wege, d. h. durch Messung der Dimensionen und der Masse des Magnets selbst, zu bestimmen, spricht der Umstand, daß bei dem Magneten eine exakte Formgebung schwerer zu erreichen und seine Homogenität mit geringerer Wahrscheinlichkeit zu verbürgen ist, als bei einem Stabe aus zweckmäßig gewähltem Stoff.

Ganz beseitigt sind indessen auch bei diesem die Schwierigkeiten nicht, vor allem bleibt wenigstens bei Metallen immer eine Ungewißheit darüber bestehen, wie weit die Masse als homogen oder die vorhandene Ungleichförmigkeit als wenigstens im Durchschnitt ausgeglichen gelten darf. (Vielleicht ließe sich ein Fortschritt erzielen, wenn man statt der bisher allgemein verwendeten Metallstäbe solche aus Glas benutzte, deren Homogenität durch optische Methoden geprüft werden könnte; freilich würde bei diesen wiederum die geringere Masse die erreichbare Genauigkeit etwas herabsetzen.)

Der Verf. hat nun in der Tat gefunden, daß die bekannten, nicht unbeträchtlichen Unterschiede in den Ergebnissen der magnetischen Intensitätsbestimmungen mit verschiedenen Magnetometern vorwiegend der Ungenauigkeit der bei diesen auf Grund selbständiger Messungen abgeleiteten Trägheitsmomente zuzuschreiben sind. Er macht deshalb den beachtenswerten Vorschlag, zunächst statt dieser selbständigen absoluten Messungen relative durch Vergleichung der einzelnen Trägheitsstäbe mit einem möglichst sicher unveränderlichen Normalstab (*standard-bar*) zu benutzen und nur ein für allemal durch eine besonders eingehende Untersuchung das Moment dieses Stabes mit größter erreichbarer Genauigkeit in absolutem Maße zu ermitteln. Da die relativen Messungen nicht nur einfacher, sondern auch mit einer für die Anwendung auf die magnetischen Beobachtungen ausreichenden Schärfe ausführbar sind, so verdient dieser Vorschlag durchaus Zustimmung, wenn schon damit die weitere Vergleichung der Magnetometer unter einander nicht überflüssig wird. Er entspricht ja auch dem auf andern Gebieten (z. B. bei der Messung der Schwerebeschleunigung, der elektrischen Widerstände, der Lichtwellenlängen u. a. m.) mit bestem Erfolge eingeführten Verfahren.

Diesem Gedanken folgend, hat der Verf. zunächst einen Schwingungsapparat konstruiert, der sowohl für die absoluten wie für die späteren Vergleichsmessungen dienen kann, und er hat dann weiter eine solche fundamentale absolute Bestimmung durchgeführt. Als Direktionskraft verwendet er die Torsion eines Quarzfadens von 30 *cm* Länge und 0,37 *mm* Durchmesser. Das Direktionsmoment dieser Aufhängung erwies sich als sehr konstant. So ergaben 11 über 4 Monate verteilte Beobachtungen mit demselben schwingenden Körper eine mittlere Schwingungsdauer von $3{,}6612 \pm 0{,}000054$ Sek. bei einer Temperatur von 15° ohne sichere Andeutung einer allmählichen Änderung.

Für die absolute Bestimmung wurden 9 Stäbe (6 aus Kupfer, je einer aus Messing, Bronze und Silber) von sehr nahe gleichen Abmessungen — rund 10 *cm* Länge und 1 *cm* Durchmesser — benutzt. Ihre Masse und ihre Dimensionen wurden unter scharfer Prüfung der Genauigkeit ihrer Gestalt exakt bestimmt, jene bis auf 0,001 *g*, diese bis auf 0,0001 *cm*, und zwar unter Verwendung von Normalen, die in Sèvres geprüft worden waren. Aus den gefundenen Werten wurden die Trägheitsmomente (im Mittel rund 600 $g\,cm^2$ bei einer Masse von rund 70 *g*) berechnet.

Die Schwingungsbeobachtungen, die nach bekannter Methode ausgeführt wurden, fanden stets zwischen 14° und 18° C. statt und wurden auf die Normaltemperatur von 15° reduziert, nachdem die Abhängigkeit der Schwingungsdauer von der Temperatur durch besondere Versuche ermittelt worden war. Diese Versuche ergaben bei dem Messingstabe eine Abnahme der Schwingungsdauer um 0,0035% ihres Betrages bei einer Temperatursteigerung um 1°. Mit Rücksicht auf die bekannte Ausdehnung des Messings kann man hieraus schließen, daß die Torsion des Quarzfadens auf jeden Grad um etwa $^1/_{9000}$ ihres Wertes zunimmt.

Nennt man mit Watsen das Direktionsmoment der Aufhängung c, das Trägheitsmoment eines Stabes K_1, dasjenige des Trägers K_0 und die beobachtete ganze Schwingungsdauer t_1 für $(K_1 + K_0)$, t_0 für K_0 allein, so ist

$$\frac{K_1 + K_0}{t_1^2} = \frac{K_0}{t_0^2} = \frac{K_1}{t_1^2 - t_0^2} = \frac{c}{4\pi^2}.$$

Es muß also, wenn die berechneten Werte von K_1 richtig sind, für alle Stäbe $K_1/(t_1^2 - t_0^2)$ denselben Wert annehmen. Dies ist auch sehr nahe der Fall. Die für die einzelnen Stäbe aus durchschnittlich je 4 Messungen erhaltenen Beträge dieses Quotienten schwanken zwischen 45,921 und 45,947. Die mittlere Abweichung des Wertes für einen Stab von dem durchschnittlichen Werte für alle neun Stäbe, den der Verf. zu 45,938 ansetzt, ist $\pm {}^1/_{6000}$ hiervon, während sich als mittlere zu befürchtende Messungsungenauigkeit eines solchen aus 4 Messungen abgeleiteten Einzelwertes nach dem Unterschiede dieser Messungen unter einander nur $\pm {}^1/_{40000}$ ergibt. Hieraus muß man schließen, daß in der Tat die berechneten Trägheitsmomente um mehr als ${}^1/_{10000}$ unsicher sind, was sicherlich zum größten Teile dem Mangel vollkommener Homogenität zuzuschreiben ist.

Für das Direktionsmoment c folgt nebenbei der runde Wert 1800, woraus sich für den Torsionsmodul des Quarzes der Betrag von $29 \cdot 10^{10}\, g\, cm^{-1}\, sec^{-2}$, d. i. 3000 kg/mm^2 in der üblichen technischen Einheit ergibt.

Zum Normalmaßstab wurde nun ein zehnter Zylinder aus gewalztem, vergoldetem Messing mit ganz schwach abgerundeten Ecken von derselben Größe wie die übrigen bestimmt. Aus 8 damit angestellten Schwingungsbeobachtungen ergab sich für diesen $t_1 = 3{,}6683 \pm 0{,}000066$ Sek., während $t_0 = 1{,}2425 \pm 0{,}000071$ Sek. war. Hiernach und mit dem zuvor angegebenen Werte von $c/4\pi^2$ wird das Trägheitsmoment dieses Stabes

$$547{,}24\ g\, cm^2.$$

An diese fundamentale Bestimmung hat der Verf. noch eine Reihe von weiteren Untersuchungen angeschlossen, deren Ergebnisse von allgemeinem Interesse sind und daher noch kurz angeführt werden mögen.

Die Torsion des Quarzfadens erwies sich als nahezu unabhängig von der Belastung. Indem diese von 27 g (Masse des Trägers allein) auf 160 g (Belastung mit 2 Stäben) gesteigert wurde, ergab sich eine Änderung um rund + 0,000003 ihres Betrages auf je 1 g Belastungszunahme.

Die Vergrößerung des Trägheitsmomentes des schwingenden Stabes durch den Einfluß der mitschwingenden Luftmasse wurde dadurch festgestellt, daß außer Versuchen bei gewöhnlichem Luftdruck auch solche in einem luftverdünnten Raume bei 4 cm Druck ausgeführt wurden. In naher Übereinstimmung mit einem von Lamont angestellten ähnlichen Versuche (*Pogg. Ann.* **71.** *S. 124. 1847*) fand der Verf. für die Schwingung in Luft von 76 cm Druck bei dem Träger allein eine Zunahme des Trägheitsmoments um 0,11 %, bei einem Stab allein eine solche um 0,04 % gegenüber demjenigen im Vakuum.

Eine weitere hiermit im Zusammenhang stehende Untersuchung, die hier nur erwähnt sein mag, führte zu dem Ergebnis, daß bei Magnetometern üblicher Form die Vernachlässigung des Einflusses der mitschwingenden Luft einen Fehler von mehreren γ (d. i. 0,00001 $cm^{-1/2}\, g^{1/2}\, s^{-1}$) in die Bestimmung der Horizontalkomponente einführt.

Schließlich wurden noch einige Schwingungsbeobachtungen außerhalb des Schwingungskastens in der freien Luft gemacht. Diese ergaben keinen merklich andern Wert der Schwingungsdauer wie diejenigen in der begrenzten Luftmasse des Kastens, der nach der Figur (*a. a. O.*) noch nicht 20 cm lang und 10 cm hoch ist. *Ad. Schmidt in Potsdam.*

Neu erschienene Bücher.

Kalender f. Vermessungswesen u. Kulturtechnik. Unter Mitwirkung von Gieseler, Vogler, Hegemann, Müller, Schaal, Gerhardt, Hüser, Ferber, Raith, Emelius, hrsg. v. Oberfinanzrat W. v. Schlebach. 1905. 28. Jahrgang d. Schlebachschen Kalenders f. Geometer u. Kulturtechniker. kl. 8°. 4 Tle. in 2 Bdn. m. vielen Textfig. u. e. Anh. — 29. Jahrg. (1906): Ebenso (ein geb. u. ein geh. Teil). Stuttgart, K. Wittwer. Geb. in Leinw. u. geh. 3,50 M.

Über den 28. Jahrgang des in Feldmesser- und Landmesserkreisen verbreiteten Taschenbuchs hier kurz zu berichten werde ich weniger dadurch veranlaßt, daß die Einrichtung des Werkchens etwas verändert ist, als dadurch, daß die *Instrumentenkunde* von Prof. Müller in Poppelsdorf neu bearbeitet worden ist; derselbe Verf. hat auch die Abschnitte: Flächenberechnung und Flächenteilung, Absteckungsarbeiten, Trigonometrische Höhenmessungen und Barometrische Höhenmessungen erneuert.

An den Nonien des Zeigerkreises, wie der Verf. statt Alhidadenscheibe beim Theodolit sagt, sollten nach seiner Ansicht Vorstriche nicht angebracht werden; doch sind sie für den Fall nicht zu entbehren, daß der Zeigerstrich (Noniusnull) gelegentlich scharf auf einen Limbusstrich gestellt werden soll (u. a. Kreisbogenabsteckung mit runden Peripheriewinkeln, unrunden Sehnenlängen, vgl. den Abschnitt Absteckungen, *S. 119*, oder Repetitionsmessung der Horizontalwinkel, wenn am Zeiger I mit 0 begonnen wird). Wieweit der Nonius bei bestimmtem Kreisdurchmesser *zweckmäfsig* zu treiben ist, wird nirgends gesagt; es findet sich nur zweimal (*S. 16* und *S. 23*) die Angabe, daß „bei sachgemäß konstruierten" Nonien der m. F. der Ablesung zu $^1/_4$ bis $^1/_3$ der Angabe anzunehmen sei. Beim Tachymetertheodolit gelten die Angaben für die Hauptkonstante k, *S. 28*, und für die Ermittlung der Additionskonstanten c, *S. 29*, nur für ein Fernrohr mit Ramsdenschem, Kellnerschem oder ähnlichem Okular; *S. 30* oben ist abermals zu bemerken, daß man bei der Tachymetrie mit senkrechter Latte die „schiefe Länge" *nicht* verwendet. Meßtisch und Kippregel sind an den Schluß der Tachymetrie gestellt; es darf dann aber das Kippregelfernrohr nicht nur „meist" mit Distanzfäden ausgestattet sein. Die Nivellierinstrumente oder, wie der Verf. nach dem Vorgang von Hildebrand u. A. sagt, die *Nivelliere*, werden in zwei Hauptklassen nach dem *Unterbau* eingeteilt: A. Nivelliere, bei denen die Horizontallegung der Ziellinie durch dieselbe Vorrichtung geschieht, mit der die „Stehachse" vertikal gerichtet wird, und B. Nivelliere, bei denen für beides getrennte Einrichtungen vorhanden sind; die weitere Einteilung dann wie üblich nach der Art der *Verbindung* von Unterbau, Libellen und Fernrohr, ferner auch nach der Verwendung: zu „rohen Messungen" (Geländeaufnahmen u. dgl.; auch bei Geländeaufnahmen, wenigstens bei der *Flächen*-Nivellierung darf das Instrument nicht zu grob sein, wenn *grofse* Zielweiten möglich sind), zu schärfern Messungen (II. O.), endlich zu feinsten Messungen (I. O.).

Bei den Federbarometern ist auch hier wieder für Goldschmidsche Instrumente darauf aufmerksam zu machen, daß bei ihnen lineare Beziehung zwischen Instrumententemperatur und Temperaturkorrektion *nicht* besteht. Bei den Planimetern teilt der Verf. als eigene Erfahrung mit, daß durch die in der Nähe des Fahrstifts angebrachte Stütze, die das Papier vor Beschädigung durch die Fahrspitze schützt, die Genauigkeit der Messung abnimmt. Zum Abschnitt „Barometrische Höhenmessung" möchte ich mir die Bemerkung erlauben, daß man nicht den Ref. allein „von Rechnungshöhen sprechen" lassen sollte (*S. 157*): man muß *Namen* für solche Dinge haben, nicht Umschreibungen. Die „Werte *H* der Jordanschen Barometerformel für die Lufttemperatur $t = 10°$", wie die 10°-Rechnungshöhen im gebd. Teil *S. 56* genannt werden, sind doch zu umständlich; man spricht doch auch nicht immer vom „Instrument zur Messung von Horizontalwinkeln", sondern gebraucht den *Namen* Theodolit. Nur müssen solche Namen, wenn sie nicht so alt sind, daß sie selbst im Fall der Unrichtigkeit (Nonius!) kaum mehr ausgerottet werden können, und wenn sie sachliche Benennungen vorstellen sollen, richtig sein. Das war bei den Bezeichnungen „rohe Meereshöhen", „ge-

näherte Seehöhen" u. s. f. nicht der Fall; dagegen scheint mir immer noch der Name „barometrische Rechnungshöhe" ebenso brauchbar zu sein wie meine jetzt allgemein angewandte barometrische Höhenstufe.

Die sonstigen Teile des Werkchens sind z. T. wenig, z. T. nicht verändert. Alle Tabellen (im gebundenen Teil vereinigt), die sich auf die „neue" Kreisteilung beziehen, sind auf farbiges Papier gedruckt, was jedoch die alte Forderung, für den Neugrad auch ein anderes *Zeichen* als für den alten Grad zu verwenden, nicht aufhebt. Hier wird für den Neugrad z. T. ^{g}, z. T. aber auch noch ^{0} gebraucht, oft auf einer Seite beisammen (*S. 61*). Auch sind die Tabellen nicht revidiert; um nur ein Beispiel zu nennen, sind in der Tachymetertabelle, wo in der für neue Teilung eingerichteten der Neugrad mit ^{g}, $0{,}01^g = 1'$ mit $'$ bezeichnet ist, in den 18 Zahlen für d und für h beim Winkel $18^0\,0' = 20{,}00^g$ immer noch 5 Abweichungen je um 1 Einheit der letzten Stelle vorhanden, wobei die Zahlen für 20^g richtig sind, während es in den Zahlen bei 18^0 für d heißen soll 542,7, 633,2. 723,6, 814,1 und bei h 146,9. Die Tafel für die astronomische Refraktion (mittlere und zwei Korrektionstafeln für Temperatur und Barometerstand) hat Hegemann aus dem Nautischen Jahrbuch entnommen, um von diesem ganz unabhängig zu machen (er gibt die δ der Sonne und die Zeitgleichung, ebenso den Halbmesser der Sonne an jedem Tag des Kalendariums für den mittleren Greenwicher Mittag an); wenn sie jedoch auch nur für die deutschen Mittelgebirge ausreichen soll, so wäre die Barometerstand-Korrektion von 730 *mm* aus gegen unten noch beträchtlich fortzusetzen. Raum dafür könnte durch Kürzung der Tafel der mittleren Refraktion gewonnen werden, die bis zu $z = 87^0$ geht, was für die hier allein in Betracht kommende Zeitbestimmung aus Sonnenhöhen ganz wertlos ist und auch bei der allein mitgeteilten Methode der Azimut- (oder Nordsüdlinien-) Bestimmung (durch gemessene Sonnenzenitdistanzen bei gleichzeitiger Azimutdifferenzablesung zwischen Sonnenrand und irdischem Zielpunkt) nur dazu verleiten wird, in zu kleine Höhen herabzugehen, die zwar für die Azimutdifferenz günstig wären, für die jedoch das gemessene z zu wenig sicher wird. Warum ist, wenn doch bei der Sonne die Ränder im azimutalen und vertikalen Sinn zugleich eingestellt werden sollen, für untergeordnete Messung nicht auch die Methode der „korrespondierenden" Höhen erwähnt, bei der z nicht gebraucht wird? oder, wenn z gemessen und die Beobachtungszeit abgekürzt, aber die Bestimmung verschärft werden soll, Trennung der Messung von z (zur Zeitbestimmung) von der bald nachher (abends) oder kurz vorher (morgens) zu beobachtenden Azimutdifferenz zwischen Sonnenrand und terrestrischem Punkt, was allerdings gute Uhr von vernachlässigbarem oder bekanntem Gang voraussetzt und die Rechnung ein wenig verlängert, dafür aber auch des für schärfere Messung kaum brauchbar auszuführenden *gleichzeitigen* Einstellens der Ränder in *zwei* Richtungen enthebt.

Der Inhalt des 29. Jahrgangs (1906) ist im Vergleich mit dem des oben besprochenen kaum verändert. Erwähnt sei nur der neue Abschnitt „Neues auf dem Gebiete des Vermessungswesens", in dem „wesentliche technische Neuerungen und Neuerscheinungen des Fachs periodisch zusammmengestellt werden" sollen. In dem ersten Abschnitt, „*Instrumente*" (die zwei andern sind: „Methoden" und „Neuere Veröffentlichungen") ist die Zeitschrift für Instrumentenkunde häufig benutzt. Größere Vollständigkeit wird sich hier wohl von selbst in den nächsten Jahrgängen einstellen. *Hammer.*

J. Classen, Zwölf Vorlesungen üb. die Natur des Lichtes. 8°. X, 249 S. m. 61 Fig. Leipzig, G. J. Göschen 1905. Geb. in Leinw. 4 M.

A. Gleichen, Vorlesungen üb. photographische Optik. gr. 8°. IX, 230 S. m. 63 Fig. Leipzig, G. J. Göschen 1905. 9 M.

Monographien üb. angewandte Elektrochemie. Hrsg. v. V. Engelhardt. gr. 8°. Halle, W. Knapp.
21. R. Lorenz, Die Elektrolyse geschmolzener Salze. 2. Tl.: Das Gesetz v. Faraday: die Überführg. u. Wanderg. der Ionen; das Leitvermögen. XVI, 257 S. m. 59 Abbildgn. 1905. 8 M.

Namen- und Sach-Register.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

ZEITSCHRIFT

FÜR

INSTRUMENTENKUNDE.

Organ

für

Mitteilungen aus dem gesamten Gebiete der wissenschaftlichen Technik.

Herausgegeben

unter Mitwirkung der

Physikalisch-Technischen Reichsanstalt

von

S. Czapski in Jena, **W. Foerster** in Berlin, **R. Fuess** in Berlin, **E. Hammer** in Stuttgart, **H. Kronecker** in Bern, **H. Krüss** in Hamburg, **H. Landolt** in Berlin, **V. v. Lang** in Wien, **S. v. Merz** in München, **G. Neumayer** in Neustadt a. H., **A. Raps** in Berlin, **J. A. Repsold** in Hamburg, **A. Rueprecht** in Wien, **A. Westphal** in Berlin.

Redaktion: Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

Sechsundzwanzigster Jahrgang 1906.

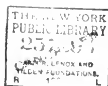
Mit Beiblatt: Deutsche Mechaniker-Zeitung.



Berlin.

Verlag von Julius Springer.

1906.



Inhaltsverzeichnis.

Referate.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Kuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied, Dr. **H. Krüss**, Prof. Dr. **S. Czapski**.

Redaktion: Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XXVI. Jahrgang. **Januar 1906.** Erstes Heft.

An unsere Leser.

Fünfundzwanzig Jahre sind seit der Begründung dieser Zeitschrift verflossen.

Ihr erstes Erscheinen im Januar 1881 bedeutet eine wichtige Entwicklnngsstufe der auf die Hebung der Präzisionstechnik und der Meßkunst in Deutschland gerichteten Bewegung, die schon vor dem Jahre 1870 mit der Errichtung eines Geodätischen Instituts ihren Anfang nahm; es folgte die Einsetzung eines Zentral-Direktorinms der Vermessungen in Prenßen sowie die Einführung des metrischen Systems und die Neubegründung der Normal-Eichungs-Kommission. Bereits 1872 wurde dann, hauptsächlich durch Schellbach, die Errichtung eines Staatsinstituts für Präzisionsmechanik geplant, ein Gedanke, der schließlich im Jahre 1887 in umfassenderer Gestalt unter der entscheidenden Mitwirknng von Helmholtz und Werner Siemens, von W. Foerster und den Leitern der preußischen Landesaufnahme sowie von hervorragenden Mitgliedern der Dentschen Gesellschaft für Mechanik nnd Optik zur Gründung der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt führte.

In die Mitte dieser fünfzehnjährigen Entwickelungszeit von 1872—1887 fällt im Jahre 1879 die Berliner Gewerbeausstellung, deren sehr fruchtbare Anregungen auf dem Gebiete des wissenschaftlichen Instrumentenbaus in dem von L. Loewenherz unter Mitwirkung ausgezeichneter Gelehrten und Techniker 1880 herausgegebenen Berichtswerk niedergelegt sind. Und an dieses Zusammenwirken knüpften sich im Jahre 1880 die von L. Loewenherz mit unvergleichlichem Eifer und Geschick geführten, von W. Foerster u. a. aufs tatkräftigste unterstützten Verhandlnngen znm Zweck der Begründnng eines periodischen Organs der Präzisionstechnik, der „Zeitschrift für Instrumentenkunde“.

Wurde der Nutzen, den die Zeitschrift durch gründliche und umfassende Orientierung der Fachkreise über das Gesamtgebiet der wissenschaftlichen Technik stiftete, bereits in den ersten Jahren rückhaltlos anerkannt, so sicherte bald nach 1887 die rege Mitarbeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt der Zeitschrift eine immer allgemeinere und tiefer gehende Wirksamkeit.

All diese langjährigen systematischen Bemühungen zur Hebung der deutschen Präzisionsmechanik sind nicht umsonst gewesen. Doch rasten hieße rosten! Und so wird die Zeitschrift für Instrumentenkunde für ihr Teil auch fernerhin eifrig bemüht bleiben, ihr Programm zu erfüllen, nämlich ein Bindeglied zu bilden zwischen Gelehrten und Praktikern zur Pflege der wissenschaftlichen Technik.

Kuratorium, Redaktion und Verlag
der Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Der Magnettheodolit von Eschenhagen-Tesdorpf.

Von
Prof. K. Haußmann in Aachen.

Als Prof. Eschenhagen gebeten wurde, der geplanten magnetischen Landesaufnahme Württembergs und Hohenzollerns seinen Rat zu leihen, wußte er mit Geschick die Sachlage zum Vorteil des Baus erdmagnetischer Instrumente auszunutzen. Dadurch, daß er die Ausführung der magnetischen Instrumente — abgesehen von den durch die Firma O. Toepfer & Sohn in Potsdam gelieferten Variationsinstrumenten — durch Mechaniker L. Tesdorpf in Stuttgart gut hieß und zu gleicher Zeit die mit der Vermessung betrauten Kräfte vollständig in seine Pläne über die Weiterentwicklung des Instrumentenbaus einweihte, erreichte er, daß am selben Orte Praktiker und Theoretiker in ständigem Gedankenaustausch wirken und dadurch die geplanten Neuerungen in brauchbare Formen bringen konnten. Die Erprobung der neuen Instrumente konnte in Württemberg selbst geschehen, und im Falle des Erfolges war eine tüchtige Firma für den Bau magnetischer Instrumente gewonnen. Eschenhagen hat richtig vorausgesehen: seine Neuerungen, ausgeführt von einem bewährten Mechaniker, haben überall Aufnahme gefunden, und die Werkstätte von Tesdorpf[1]) hat sich im Bau magnetischer Theodolite einen Weltruf erworben; dieser Ruf ist wesentlich in der sorgfältigen Auswahl eisenfreien Materials begründet.

Eine erste Beschreibung der magnetischen Ausrüstung und ihrer Verwendung bei Messungen in Potsdam, im temporären Observatorium in Kornthal bei Stuttgart und im Felde, auch der damit gemachten Erfahrungen habe ich gegeben in dem Werke „Die erdmagnetischen Elemente von Württemberg und Hohenzollern für 1901,0", herausgegeben vom K. Württ. Statistischen Landesamt in Stuttgart. Auf dieses Werk sei von vornherein verwiesen.

Mit den im Laufe der Zeit hinzugekommenen Vervollständigungen besteht die Ausrüstung, die ebenso für Stations- wie für Reisebeobachtungen zu verwenden ist, aus folgenden Teilen:

1. *Theodolit* mit *Stativ*, zunächst zur Messung von Horizontalwinkeln; mit einem aufsetzbaren *Oberteil* auch zur Messung von Vertikalwinkeln (Fig. 1).

2. *Deklinatorium* für Pinnen- und für Faden-Aufhängung (Fig. 2 u. 3).

3. *Nadelinklinatorium* (Fig. 4).

4. *Einrichtung zur Messung der Horizontalintensität* durch *Ablenkung* (Fig. 2 u. 3) und *Schwingungen* (Fig. 5) nebst den zugehörigen *Intensitätsmagneten.*

5. *Vorrichtung zur Messung der Vertikalintensität* (Fig. 6a u. b).

Dazu kommt für Feldmessung ein eisenfreier Schirm zum Schutze gegen Sonnenstrahlen und gegen Regen, für Stationsmessungen ein Pfeiler und ein eisenfreies Häuschen aus unmagnetischem Material oder wenigstens ein leichtes Leinwandzelt.

Die ganze Ausrüstung ist nicht zu schwer für *einen* Instrumententräger, sie ermöglicht eine große Beweglichkeit und erlaubt durchschnittlich an einem Reisetag *eine* Station, bei kleinerer Entfernung der Punkte sogar mehrere Stationen zu messen. Wie vorteilhaft es ist, eine knappe Ausrüstung zu haben, weiß jeder, der im Felde zu tun hatte und bei dem allerwärts fühlbaren Mangel an Arbeitskräften auf dem Lande gezwungen war, selbst den Instrumententräger zu machen.

[1]) Die Werkstätte ist nach dem Tode des Hrn. Tesdorpf in den Besitz des Hrn. F. Sartorius in Göttingen übergegangen und dorthin verlegt worden. Alle Anfragen wegen des Bezugs der Instrumente würden also an die letztere Adresse zu richten sein. — Anm. der Red.

Es sei vorweg darauf hingewiesen, daß außer den Magneten und der Pinne des einen Deklinatoriums *kein Eisen oder eisenhaltiger Teil* verwendet werden darf. Die Prüfung jedes Stückes auf Eisenfreiheit *vor* und *nach* seiner Verarbeitung hat Hr. Tesdorpf selbst vorgenommen durch Annäherung der einzelnen Stücke und Schrauben von allen Seiten bis auf Bruchteile eines Millimeter an den Pol einer schwebenden Magnetnadel, die zum Schutze gegen Luftzug in einen kleinen Kasten mit Glasdeckel eingehängt war. Alles zuerst zur Verfügung stehende Messing erwies sich als eisenhaltig; es war nicht leicht, ganz eisenfreies Material zu erhalten.

1. Der Theodolit.

Die Einrichtung (Fig. 1) des Theodolits als Winkelmesser wird als bekannt vorausgesetzt; eine ausführlichere Beschreibung sollen nur die besonderen Merkmale erhalten.

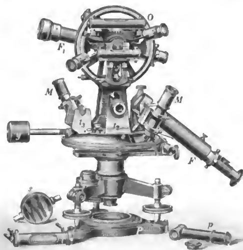


Fig. 1.

Auf einem kräftigen Stative mit Bronzebeschlägen wird eine Platte *P* des Unterbaus eines Theodolits befestigt mit der bekannten Tesdorpfschen Vorrichtung, die das Zentrieren und Festschrauben *vor* dem Horizontieren gestattet[1]). Der Theodolit besteht aus Magnalium, Messingbronze und Messing. Der verdeckte Limbus ist für sich allein drehbar und hat 12 *cm* Durchmesser; jeder Grad ist beziffert, die Teilung geht in Drittelgrad, wobei die Striche in Spitzen auslaufen; die Ablesung geschieht durch Skalenmikroskope auf $^1/_{10}$ Doppelminute. Die Besonderheit in der Anordnung des Theodolits besteht darin, daß der Mittelraum der Alhidade frei bleiben muß zum abwechselnden Aufsetzen des Deklinatoriums D_1 oder D_2 (Fig. 2 u. 3), des Inklinatoriums *J* (Fig. 4), des Schwingungskastens *S* (Fig. 5) und des Theodolitoberteils *O* (Fig. 1), daß also das Fernrohr *F*, das zur Einstellung der Miren und des Deklinationsmagnets dient — letzteres auch bei Ablenkungen zur Messung der Intensität — bei

[1]) Jordan, Handbuch der Vermessungskunde. 2. Bd. 6. Aufl. *S. 204.*

zentrisch bleibender Längsrichtung aus der Mitte heraus gegen den Rand der Alhidade gerückt werden muß. Auf dem Metallverdeck des Horizontalkreises sind nun drei niedere Trägerpaare t_1, t_2, t_3 (Fig. 1 u. 4) angebracht, in der Mitte das Paar t_2 mit diametral stehenden Stützen zur Aufnahme der Ablenkungsschienen A (Fig. 2 u. 3), zu beiden Seiten und parallel dazu je ein gleich hohes Paar, t_1 für die Kippachse des Fernrohres F, t_3 für die eines Sonnenspiegels s. Zwischen diesen Stützen sind an passenden diametralen Stellen die *Skalenmikroskope M* (Fig. 1) befestigt. Dem Fernrohre gegenüber, unter den Stützen für den Sonnenspiegel, wird ein Gegengewicht g für das Fernrohr eingeschoben. Der *Theodolitoberteil O* besteht aus einem Fernrohre F_1 mit Distanzfäden, Prismenokular p und Sonnenglas, Nivellier- und Höhenwinkellibelle; er hat einen Höhenkreis von 10 *cm* Durchmesser und gibt 1'-Lesung. *Der Oberteil mit dem Unterteil zusammen* (Fig. 1) *ist ein vollständiger Theodolit* für Horizontal- und Vertikalwinkelmessung, auch für Zeit- und geographische Ortsbestimmung. In Ländern mit Triangulierungspunkten oder mit einer Karte, der man die geographische Position der Beobachtungspunkte entnehmen kann, und bei ebenfalls bekannter Zeit kann man den Theodolitoberteil ganz entbehren, da man dann nur Horizontalwinkel zu messen nötig hat, im ersteren Falle als Richtungswinkel, im letzteren als Sonnenazimute. Von dem Theodolitoberteil als einer bekannten Einrichtung soll im folgenden nicht mehr die Rede sein.

Um die seitliche Belastung möglichst gering zu halten, wurde die Kippachse k (Fig. 4) des Magnet- und Mirenfernrohrs F an das Objektivende verlegt, auch das Fernrohr kurz gehalten: zugunsten der Verwendung *derselben* Zielachse für die Einstellung der Miren und des Deklinationsmagnets verzichtet man also auf die Ausbalanzierung des Fernrohres, auch begnügt man sich mit geringer Vergrößerung, hat dafür aber recht helle Bilder.

Das Fernrohr F ist für *Selbsteinstellung* eingerichtet: man stellt das Fadenkreuz auf sein eigenes vom Magnetspiegel zurückgeworfenes Bild ein. Dies ist nur bei gut beleuchtetem Fadenkreuz möglich. Um durch die Beleuchtungsvorrichtung nicht einen Teil des Gesichtsfeldes einzubüßen, wurde versucht, zwischen Okularlinse und Fadenkreuz eine von außen her beleuchtbare Glasplatte in geneigter Stellung einzuschieben, sodaß den Visierstrahlen der *Durchgang* durch das Fernrohr, den seitlich durch eine Öffnung im Fernrohrmantel einfallenden Beleuchtungsstrahlen die totale *Reflexion* zum Fadenkreuz ermöglicht ist. Diese für stationäre Instrumente mit Vorteil verwendete Einrichtung konnte hier aus konstruktiven Gründen nicht durchgeführt werden. Auch die von Martens[1]) vorgeschlagene Art, das Fadenkreuz in eine dicke, am Rande geschliffene Glasplatte einzuritzen und es von der Seite her zu beleuchten, hatte nicht den gewünschten Erfolg: man bekam wohl helle Striche auf dunklem Grunde, nicht aber umgekehrt, wie es die Feldmessung verlangt. Nach vielen vergeblichen Versuchen mußte Tesdorpf zu der gewöhnlichen Beleuchtungsart zurückgreifen, bei der bis gegen die Mitte des Okulars ein Prisma eingeschoben wird, an dessen Hypotenusenebene die seitlich einfallenden Lichtstrahlen gebrochen und nach dem Fadenkreuz geworfen werden; das halbe Gesichtsfeld wird dann aber durch das Prisma verdeckt. Über dem Prisma ist ein beweglicher Beleuchtungsspiegel b_2 (Fig. 5) angebracht. Während das Fernrohr für die Magneteinstellung nur in horizontaler Stellung gebraucht wird, muß es für die Mireneinstellung kippbar sein. Es wird nur in *einer* Fernrohrlage benutzt. Dafür ist aber schon vom Verfertiger für eine feste,

[1]) *Diese Zeitschr.* **17.** *S. 298. 1897; Wied. Ann.* **62**, *S. 206. 1897.*

fehlerfreie Lagerung der Kippachse gesorgt. Die Zielachse kann hier durch Einstellung eines entfernten Zielpunktes in beiden Fernrohrlagen geprüft und durch Verschiebung des Fadenkreuzes berichtigt werden wie gewöhnlich. Das Fadenkreuz besteht aus einem Doppelfaden in der Mitte und zwei gleich weit abstehenden seitlichen Fäden. Für die Magneteinstellung empfiehlt es sich, die einzelnen Striche des Spiegelbildes des Fadenkreuzes nacheinander auf den Mittelfaden einzustellen. Etwas störend ist der auch bei ähnlichen anderen Instrumenten[1]) hervortretende Umstand, daß das auf Unendlich gestellte Okular nicht die deutlichsten Spiegelbilder gibt, sondern erst das noch etwas weiter eingeschobene Okular, daß man also innerhalb der Deklinationsmessung das Okular verstellen muß, wenn man scharfe Bilder der Miren und des Fadenkreuzes haben will, was bei der Messung in nur *einer* Fernrohrlage nicht einwandsfrei ist, oder aber, daß man unter Verzicht auf größte Sehschärfe eine Mittelstellung des Okulars wählt und sie für alle Einstellungen beibehält. Das Okular ist mit einem *Sonnenglas*, besser mit zwei Gläsern von verschieden starker Abblendung versehen. Die Reiterlibelle l kann auf die Kippachse des Fernrohrs aufgesetzt werden.

Der *Sonnenspiegel s* besteht aus gut eben geschliffenem schwarzen Glas in einer Fassung mit Kippachse. Er wird auf die den Fernrohrträgern gegenüberliegenden Stützen t_3 gelegt und von freier Hand so weit gekippt, daß man bei horizontal gestelltem Fernrohre durch die Okularblende das Bild der Sonne sieht. Die Ansicht, daß durch Umlegen des Spiegels sowie Beobachten der Sonne von vorn und der Sonne im Rücken alle Fehler, die durch Nichtparallelismus der Spiegelachse und Fernrohrachse entstehen, eliminiert würden, ist nicht richtig[2]). Ist v der Winkel zwischen der Kippachse des Fernrohrs und der des Sonnenspiegels und h die mittlere Sonnenhöhe bei der Beobachtung, so bleibt als *Fehlereinfluß für die Azimutmessung*

$$\Delta a = \left(\frac{1}{\cos\frac{h}{2}} + \frac{1}{\sin\frac{h}{2}}\right) v = \frac{\sin\left(45 + \frac{h}{2}\right)}{\sin h}\, v = f(h)\cdot v.$$

Die Größe von v ist aus bekannten Azimuten zu bestimmen.

2. Das Deklinatorium.

Lamont sagt in seinem berühmten Lehrbuch des Erdmagnetismus, daß von der Bewegung auf *Spitzen*, selbst bei äußerster Sorgfalt der Anfertigung und bei Verwendung eines Achathütchens, bei genauen magnetischen Bestimmungen wegen der Reibung nicht die Rede sein könne, daß vielmehr nur *Fadenaufhängung* in Frage kommen könne. Prof. Eschenhagen, der vermutlich während seiner Tätigkeit am Marineobservatorium in Wilhelmshafen[3]) bei den häufig auftretenden Winden mit der Fadenaufhängung üble Erfahrungen gemacht haben mochte, wollte die Fadenaufhängung nur für stationäre Beobachtungen, für Feldbeobachtung aber die Pinnenaufhängung verwendet wissen, und demgemäß sind beide Arten der Aufhängung vorgesehen. Es sind ja auch seit Lamonts Zeit in der Pinnenaufhängung manche Ver-

[1]) Haußmann, Das magnetische Störungsgebiet bei Aachen. *Mitteil. a. d. Markscheiderwesen. 1905. Heft 7.*

[2]) Haußmann, Magnetische Messungen im Ries und dessen Umgebung. *Anh. d. Abh. d. Berl. Akad. d. Wiss. 1904. S. 16.*

[3]) Eschenhagen, Bestimmung der erdmagnetischen Elemente an 40 Stationen im nordwestlichen Deutschland. Herausg. v. hydrogr. Amt des Reichsmarineamts. 1890.

besserungen[1]) eingeführt worden. Eschenhagen blieb bei den Stahlpinnen; aber im Gegensatz zu dem früheren Gebrauch, kräftige Pinnen zu verwenden und sie immer wieder anzuschleifen, wodurch allerdings gerade die härtesten Schichten weggenommen werden, ging er zur Verwendung stark gehärteter Spitzen von feinsten Nähnadeln und sofortigem Ersatze beim Stumpfwerden bei bequemer Auswechslung über.

Das *Deklinatorium für Pinnenaufhängung* ist so ausgebildet worden, daß zur *Umlegung des Deklinationsmagnets weder eine unmittelbare Berührung noch überhaupt ein Öffnen des Gehäuses notwendig ist.*

Eine Einrichtung dieser Art für Fadenaufhängung hat schon Fennel[2]) in Kassel ausgeführt; es wird hier der Magnet durch Verschiebung eines nach außen ragenden Stiftes gefaßt, gehoben, um seine Längsachse gedreht und wieder eingehängt. Eschenhagen wollte den Magnet in einen besonderen Zylinder einschließen und mit diesem die Drehung vollführen. Die vollständige Lösung gelang den Hrn. Prof. Aug. Schmidt,

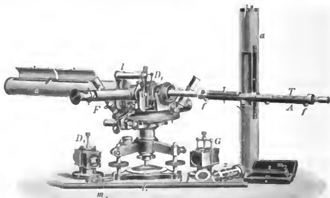


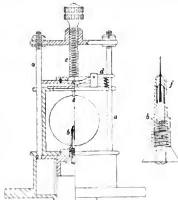
Fig. 2.

dem Vorstande der Württ. Meteorologischen Zentralstation in Stuttgart, und Präzisionsmechaniker Tesdorpf in vereintem Bemühen, wobei der eine den kinematischen Gedanken einer doppelten konzentrischen Zylinderführung und senkrecht beweglicher Pinne, der andere die brauchbare technische Verwirklichung dieses Gedankens zum Verdienste hat. In Fig. 2 ist unten links das Deklinatorium D_1 als ganzes, rechts davon sind seine einzelnen Teile sichtbar, Magnet m_1, Gehäuse G und Zylinderführung z. Eine eingehendere Darstellung geben die Fig. 2a, 2b u. 2c. Fig. 2a zeigt das Gehäuse, die Pinne und ihre Führung. Das Gehäuse, ein zum Aufsetzen auf die Alhidade eingerichtetes, stark dämpfendes Kästchen hat in den Stirnflächen kreisrunde Bohrungen zum Einschieben des Magnets. Es trägt einen verschiebbaren Rahmen a, in den der Pinnenhalter b eingeschraubt wird; auch ist mit ihm die steile dreifache Schraube c verbunden, mit der der Rahmen a und damit die Pinne selbst gehoben und gesenkt wird. Durch den Hebel d kann ein Anschlagstift e aus dem

[1]) M. Schmidt, Fortschritte in der Ausführung von Orientierungsmessungen mit der Magnetnadel. *Jahrb. f. Berg- u. Hüttenw. i. Sachsen 1888.*

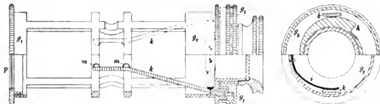
[2]) A. Fennel, Mitteilung über ein neues Deklinatorium für Orientierungsmessungen und über ein neues Variometer. *Mitteil. a. d. Markscheiderwesen 1894, Heft VIII.*

Magnetzylinder ausgerückt werden. Der Pinnenhalter *b* hat zur Führung und zum Festhalten der Pinne eine Überfangschraube *f*, wobei die Einrichtung ähnlich der von Bleistifthaltern für Künstlerstifte ist, und läßt eine leichte Auswechslung der Pinne zu. Die Pinne ist die besonders gut gehärtete Spitze einer feinsten Nähnadel; sie wird nach Bedarf erneuert.


Fig. 2a (etwa $^{1}/_{3}$ nat. Gr.).

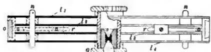
In Fig. 2b sind die Zylinderführungen für den Deklinationsmagnet gezeigt. Der Magnet wird in einen aus vier Längsstäben und vier Querringen gebildeten Zylinder g_1 geschoben und mit diesem in das Gehäuse gesteckt, hierauf die dem Fernrohr zugekehrte Stirnfläche durch die gut planparallele Glasplatte *p* geschlossen. Der Zylinder g_1 trägt einen für sich drehbaren zylindrischen Ring g_2 mit Exzenter *h* im Innern, wobei eine Feder *i* in g_1 die Flügel einer Zange *k* gegen die Exzenter anpreßt. Dreht man den Zylinderring g_2 für sich allein, so wird die Zange geschlossen oder geöffnet, im ersteren Falle der Magnet zunächst durch die abgeschrägten Backen *m* der Zangenflügel etwas gehoben und dann durch diese selbst festgeklemmt, im letzteren Falle gelöst und über der Pinne freigelegt.

Will man den Magnet umlegen, so versenkt man zunächst die Pinne durch Drehung der Schraube *c* (Fig. 2a), klemmt den Magnet durch Drehung des Ringes g_2,


Fig. 2b (etwa nat. Gr.).

hebt mit dem Arm *d* den Stift *e* und dreht den Zylinder g_1 halb herum, bis *e* wieder einschnappt; dann löst man die Zange mit g_2 und hebt die Pinne mit *c*.

Der Deklinationsmagnet, in Fig. 2c dargestellt, besteht aus *vier* getrennten, parallelen, durch zwei Stifte *n* gehaltenen Lamellenmagneten l_1 bis l_4; er ist 10 *mm* breit, 58 *mm* lang und trägt an einem Ende einen Spiegel *o*, am andern ein verschiebbares Gegengewicht oder einen zweiten Spiegel. Zur Anhängung dient ein in einer Metallhülse *s* gefaßtes Doppelhütchen aus Saphir oder Achat; die Hülse *s* ist geführt und leicht beweglich in einem Hohlzylinder *q* mit abschraubbaren durchbrochenen Deckeln. Das ganze aufgehängte System wiegt 10 *g*. Es ist schwer, einen leichten, dünnen Magnetspiegel zu bekommen, der gut eben geschliffen ist; die meisten Spiegel zeigen eine gekrümmte Schlifffläche und geben trübe und verzerrte Bilder.


Fig. 2c (etwa nat. Gr.).

Auf die *genau senkrechte Stellung des Magnetspiegels o* muß große Sorgfalt verwendet werden; es ist hier eine Korrektionsvorrichtung *r* zur Verstellung wenigstens in horizontalem Sinne angebracht. Die Beseitigung des Fehlereinflusses der Spiegelkollimation durch Umlegen des Magnets setzt voraus, daß die Stellung des Magnets im Raume für beide Lagen genau dieselbe sei. Das trifft der Variationen und mehr noch der Art der Aufhängung wegen nicht zu. Bei der *Fadenaufhängung* mit gut gearbeitetem Gehänge — Doppelhaken mit eingepaßtem Querstift — kann man bei wiederholten Messungen wenigstens die *relativ gleichen* Stellungen, jede Lage für sich allein betrachtet, erreichen, was auf einen *konstanten Einfluß des Kollimationsfehlers* hinausläuft; aber bei *Pinnenaufhängung* ist bei wiederholtem Umlegen nicht einmal soviel zu erreichen[1]). Abgesehen von dem Spielraum, den das Doppelhütchen in seinem Führungszylinder *q* haben muß, um beim Umlegen von selbst zu gleiten, bringt es die nicht immer gleiche Auflage des Magnets auf seiner Unterlage und die Reibung zwischen Hütchen und Pinne, auch bei leichtem Kratzen an einem Schraubengriff, mit sich, daß der *Aufhängepunkt* innerhalb einer kleinen Zone des Hütchens *beliebig verschieden* sein kann. Dies verursacht einen *regellosen Einfluß des Kollimationsfehlers* in um so weiteren Grenzen, je größer der Kollimationsfehler selbst ist. Es bleibt kein anderes Mittel, diesen Fehler unschädlich zu machen, als den Spiegel möglichst genau senkrecht zur magnetischen Achse auf dem Deklinationsmagnet zu befestigen, hauptsächlich in *vertikaler Richtung*.

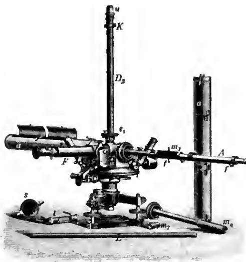


Fig. 3.

Das *Deklinatorium für Fadenaufhängung* (D_2, Fig. 3) besteht aus einem stark dämpfenden *Gehäuse* mit Suspensionsröhre zur Aufnahme des Magnets m_2; den Abschluß des Gehäuses nach beiden Seiten bilden Glasplatten, wobei die dem Fernrohre zugewandte Platte gut planparallel geschliffen ist. Der *Magnet* m_2, hier ein Röhrenmagnet von 35 *mm* Länge, 12 *mm* äußerem und 8 *mm* innerem Durchmesser, mit innen sitzendem Spiegel trägt zwei diametrale Aufhängestifte. Die *Suspensionsröhre* hat die gewöhnliche Form und Einrichtung: Torsionskopf *K*, Schraube mit fester Längsführung zum Heben und Senken des Fadens (durch die Überfangschraube *u* verdeckt), Klemmvorrichtung e_1 mit Exzentern zum Festhalten des unbelasteten Fadens in gespanntem Zustande. Der Faden, ein feiner Messingfaden von **Hüttlinger** in Schwabach, ist oben und unten an seinem Ende zwischen zwei Backen gepreßt; er geht unten in ein Gehänge mit Doppelhaken zur Aufnahme des Deklinationsmagnets aus. Die Umhängung könnte vorteilhaft auch hier mechanisch, ohne Öffnen des Gehäuses, eingerichtet werden.

[1]) **Haußmann**, Über den Einfluß der Spiegelkollimation bei Spitzenaufhängung auf Deklinationsmessungen. *Terrestrial Magnetism 1902. S. 59.*

3. Das Inklinatorium.

Dasselbe ist ein Nadelinklinatorium (Fig. 4) mit rundem Gehäuse J aus Magnalium und aufklappbarem Glasdeckel d. Der Teilkreis von 11,4 *cm* Durchmesser ist in $^1/_3$ Grad geteilt, die Inklinationsnadeln N können mit Lupen, die um die Mitte des Glasdeckels drehbar sind, bequem auf volle Doppelminuten abgelesen werden, sodaß die Summe der Ablesungen an beiden Nadelenden den Inklinationswinkel gibt. Die beiden *Inklinationsnadeln* sind flache Balkennadeln mit Ablesestrichen; sie haben Unterscheidungszeichen für sich selbst und für ihre Enden und sind 115 *mm* lang. Die Achsen der Nadeln sind an ihren Auflagestellen nur 0,4 *mm* stark, sie haben gut kreisrunden Querschnitt, auf den es hier besonders ankommt; auch ist dafür gesorgt, daß die Achsen immer mit denselben Stellen auf ihren Lagern aufsitzen[1]). Als *Lager* dienen senkrecht stehende Karneolplatten mit genau gerade geschliffenem Rücken bei abgerundetem Querschnitte. Das Auflegen und Abnehmen der Nadeln geschieht durch eine *Arretiervorrichtung* in Gabelform, die durch einen langen Hebelarm auf der Rückseite des Gehäuses langsam auf und ab bewegt werden kann und eine gute Parallelführung hat; zwei Gabeln nehmen dabei die Achsen der Nadeln immer an denselben verdickten Stellen auf. Die Nadeln schwingen, wenn sie nicht durch die Arretiervorrichtung gehemmt werden, sehr lange hin und her, sodaß man daran denken könnte, ihre Schwingungsdauer zu bestimmen, um daraus die Größe der Totalintensität zu berechnen.

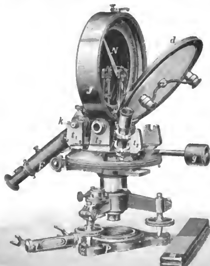


Fig. 4.

Das Inklinatorium kann an Stelle des Deklinationsgehäuses auf die Alhidade des Theodolits aufgesetzt und mittels vorangegangener Deklinationsbeobachtungen in den magnetischen Meridian gestellt werden, oder es wird auf einen besonderen Dreifuß aufgesetzt, wobei dann der magnetische Meridian aus der zu ihm senkrechten Vertikalebene, in der die Nadeln lotrecht stehen, weil hier nur die Vertikalintensität wirken kann, bestimmt wird. Die *absolute Bestimmung der Inklination* erfordert das Umsetzen der Nadel, Drehen des Gehäuses um 180°, Ummagnetisieren der Nadel und Wiederholung der Messung, sodaß die Bestimmung mit einer Nadel aus 8 Einzelbeobachtungen besteht[2]). Zum Ummagnetisieren wird die Nadel in ein Holzklötzchen eingelegt, dessen Bügel das vorstehende Achsenende schützt, und durch Doppelstrich mit großen gewöhnlichen Magneten m ummagnetisiert. Es wird als bekannt vorausgesetzt, daß die Stärke der Magnetisierung immer dieselbe sein soll, daß der *Schwerpunkt*

[1]) **Lamont**, Handbuch des Erdmagnetismus. *S. 247 u. flgde.*

[2]) **Lamont**, *a. a. O. S. 247 u. flgde.*

der Nadeln nur wenig exzentrisch sitzen darf[1]), auch daß jedes Nadelinklinatorium noch einer ihm eigenen Anschlußkorrektion bedarf, um wirklich absolute Werte zu geben.

Das Nadelinklinatorium ist Hrn. Tesdorpf besonders gut gelungen; die erste Verwendung bei der magnetischen Landesaufnahme Württembergs und Hohenzollerns ergab eine Genauigkeit der Inklinationsmessungen, wie sie vorher im Felde noch nicht erreicht worden ist.

4. Die Einrichtung zur Messung der Horizontalintensität.

Den Weg zur Messung der Horizontalintensität des Erdmagnetismus hat uns Gauß[2]) gewiesen. Er hat die [*mm mg sek*]-Einheit genommen, jetzt legt man die zehnmal größere Einheit [C.G.S.] des absoluten Maßsystems zugrunde. Man bestimmt die Horizontalintensität H zusammen mit dem magnetischen Moment M eines Magnets. Einmal aus der Schwingungsdauer als Produkt $M \cdot H$, bei bekanntem oder bestimmbarem Trägheitsmoment des Magnets unter Berücksichtigung der Fadentorsion und der Temperatur; da man aber das Trägheitsmoment des mit Gehängen und Spiegel versehenen Magnets nicht genau bestimmen kann, so nimmt man nach Poisson einen unmagnetischen Trägheitsstab zu Hülfe und beobachtet die Schwingungszeit sowohl des unbelasteten als des mit dem Trägheitsstab belasteten Magnets[3]). Dann aber bestimmt man den Quotienten M/H durch Ablenkungen, indem man den Deklinationsmagnet mit dem genannten starken Magnete vom Moment M aus passend gewählten Entfernungen ablenkt. Die Ablenkung geschieht in gleicher Höhenlage beider Magnete von links und rechts bei möglichst gleicher beiderseitiger Entfernung, und diese Entfernungen werden als Summe mit einem quer durch die Alhidade gesteckten Maßstab L (Fig. 2) und Ablesemarken auf Unterlagsschienen genau gemessen. Um sich von der Art der Magnetisierung (Polabstand) möglichst unabhängig zu machen, lenkt man aus zwei verschiedenen Entfernungen ab[4]). Man legt dabei, um Glieder höherer Ordnung möglichst klein zu bekommen, bestimmte Größenverhältnisse zugrunde, nimmt die größere Entfernung etwa 1,4-mal so groß wie die kleinere und diese selbst etwas kleiner als die vierfache Länge des Ablenkungsmagnets; die Längen von Ablenkungsmagnet und abgelenktem Magnet sollen ungefähr wie $\sqrt{3}:\sqrt{2}$ sein.

Kann man als Ausgangspunkt der Messungen einen Ort mit bekannter Horizontalintensität, ein magnetisches Observatorium, wählen, so braucht man weder die Entfernung bei Ablenkungen, noch das Trägheitsmoment bei Schwingungen zu kennen; man bestimmt dann durch Anschlußmessungen *eine von der Magnetisierung unabhängige Instrumentenkonstante*[5]) *für absolute Messungen* von H aus Schwingungen und Ablenkungen, letztere dann nur aus *einer* Entfernung, und zwei weitere *abhängige Konstanten zur relativen Bestimmung* von H aus Schwingungen allein und aus Ablenkungen allein in der Voraussetzung, daß das magnetische Moment sich proportional mit der Zeit oder der Zahl der Messungen ändere. Die *Induktion* der Magnete ist zu berücksichtigen. Mit den Instrumentenkonstanten zusammen kann man die Temperaturkoeffizienten der Intensitätsmagnete bestimmen; dieser Koeffizient ist um so wichtiger.

[1]) F. Kohlrausch, Lehrb. d. prakt. Physik. 10. Aufl. *S. 372.*

[2]) C. F. Gauß, Gesammelte Werke. Bd. 5.

[3]) Lamont, *a. a. O. S. 75.*

[4]) Liznar, Einige Bemerkungen zur Messung der Horizontalintensität. *Terrestrial Magnetism 1900. S. 63 u. 121.*

[5]) Lamont, *a. a. O. S. 238 u. flgde.*

als starke Magnete eine der Temperaturänderung entgegengesetzte beträchtliche Änderung ihres Moments haben.

Die Einrichtungen für die Ablenkungen und Schwingungen sind:

a) *Ablenkungsschienen* (Fig. 2 u. 3). Zum Auflegen der Intensitätsmagnete in die Horizontalebene des abzulenkenden Magnets, hier des Deklinationsmagnets, werden in das oben genannte mittlere Trägerpaar t_2 mit diametral stehenden Stützen auf dem Verdeck des Horizontalkreises halbzylindrische, nach oben offene Hohlschienen, die *Ablenkungsschienen* A, eingeschoben; genau abgeschliffene Anschlagflächen und ein Stift sichern eine stets gleiche Befestigung. Der Intensitätsmagnet m_3 wird in die Schiene eingelegt und zwischen festen Anschlägen f immer genau in derselben Lage gehalten. Ein Überrohr a aus glänzend poliertem Aluminium mit Klappen zum Durchschieben des Magnets sichert eine für Ablenkungsmagnet und Schiene gleiche Temperatur, ablesbar an einem durch die Endfläche des Rohres in den Magnet eingesteckten Thermometer T.

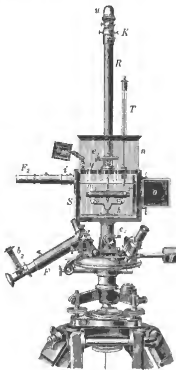


Fig. 5.

Zur Bestimmung des *Ablenkungswinkels* wird die Alhidade bis zur Eigeneinstellung des Fadenkreuzes durch den Spiegel des Deklinationsmagnets gedreht, dann steht der abgelenkte Magnet senkrecht auf dem ablenkenden (Sinusmethode). Fig. 2 zeigt diese Lage für Pinnen-, Fig. 3 bei Faden-Aufhängung. Bei letzterer hat man die Torsion des Fadens zu berücksichtigen. Der Ablenkungsmagnet m_3 wird von einer Schiene auf die gegenüberliegende gesetzt, auch jeweils umgelegt und somit der Ablenkungswinkel aus vier Einzelmessungen bestimmt unter Berücksichtigung der Variationen der Deklination und kleiner von der ungleichen Verteilung der Magnetisierung und verschiedener Entfernung der Anschläge abhängiger Korrektionsglieder[1]).

Außer zwei oder mehreren Intensitätsmagneten m_3, die sowohl für Ablenkungen wie für Schwingungen benutzt werden, sind noch weitere nur für Ablenkungen eingerichtete Magnete, die *Deflektoren* m_4 (Fig. 3), beigegeben. Sie sind in einen Hohlzylinder, der zugleich als Ablenkungsschiene dient, fest eingeschlossen, und nur an der Stirnfläche hat die Fassung eine Öffnung zum Einschieben des Thermometers. Diese Einrichtung der Deflektoren ist mit Rücksicht auf möglichst gleiche Stellung bei den Ablenkungen und zum besonderen Schutze der eingeschlossenen Magnete gegen äußere Einflüsse getroffen; die Deflektoren geben den Ablenkungswinkel nur aus zwei Stellungen, durch Ablenkung von Ost und von West.

b) *Schwingungskasten* (Fig. 5). Ein Kästchen, zur Vermeidung stärkerer Dämpfung aus Holz mit Glasfenstern, ist zum Beobachten der Schwingungen der Intensitäts-

[1]) **Lamont**, *a. a. O. S. 29.*

magnete m_3 eingerichtet. Das Kästchen kann auf die Alhidade des Theodolits oder auf einen eigenen Dreifuß aufgesetzt werden; es hat zum Einhängen des Magnets vorn und hinten ausziehbare Fenster n, seitlich ein Türchen o zum Einschieben des Trägheitsstabes r. In den Deckel wird vertikal in der Mitte die Suspensionsröhre R eingeschraubt, sie hat die schon oben beschriebene Einrichtung: Torsionskopf K, Senkvorrichtung für den Faden ohne Drehung (durch Überschraube u verdeckt), Klemmung des Gehänges unten am Faden durch Exzenter e_1; dazu Querstift q, der durch das als Rahmen ausgebildete Gehänge geschoben wird, um beim Reißen des Fadens ein Herabfallen des Magnets zu verhindern. Die Klemmung des unteren Gehänges kann durch eine Preßschraube noch besonders festgehalten werden, damit der gespannte Faden beim Transport sich nicht lockere; für bleibende Aufstellung ist dagegen zur Spannung des Fadens ein dem Magnete gleiches Belastungsgewicht aus Messing beigegeben. Zum Einziehen eines neuen Metallfadens dienen zwei Stifte an der Außenseite der Röhre. Zur Bestimmung der Temperatur wird, möglichst nahe an den Magnet, ein Thermometer T in den Kasten eingeschoben.

Zur Beobachtung der Schwingungsdurchgänge dient ein kleines an den Schwingungskasten mit Bajonettverschluß ansteckbares Fernröhrchen F_2, durch das man in einem am Gehänge angebrachten Spiegel das bewegliche Bild einer Glasskale betrachtet, die an der Kastenwand vor dem Fernrohre angebracht ist. Am Vertikalfaden des Fernrohres beobachtet man die Größe des Schwingungsbogens zu Anfang und Ende einer Reihe und mit Hülfe eines Chronometers unter Schätzung von Zehntelsekunden die *Durchgänge des schwingenden Magnets.* Gewöhnlich nimmt man, um beide Schwingungsseiten gleichmäßig zu berücksichtigen, jeden dritten Durchgang etwa 20-mal, berechnet den Eintritt des 101. Durchgangs voraus und beobachtet in gleicher Weise weiter; daraus berechnet man unter Berücksichtigung der Temperatur und der Fadentorsion und Reduktion auf unendlich kleine Bögen die Schwingungsdauer. Die Beleuchtung der Skale an der Wand des Schwingungskastens geschieht durch eine am Fernrohrmantel vor der Objektivlinse schief eingesetzte Glasplatte und einen darüber sitzenden kleinen, beweglichen Beleuchtungsspiegel b_1; die von außen auf den Spiegel fallenden Lichtstrahlen werden nach totaler Reflexion an der schiefen Glasplatte i auf die Skale geworfen. Das Fernrohr ist der Höhe des Gehängespiegels entsprechend ein wenig auf- und abschiebbar. Unter dem eingehängten Magnet ist als Brems- und Arretiervorrichtung ein Schlitten h mit feinen Haaren angebracht; durch einen Exzenter e_2 kann der Schlitten gehoben und gesenkt und dadurch die Anfangsgröße des Schwingungsbogens reguliert, auch der Magnet ganz zur Ruhe gebracht werden; die Einsenkung des Schlittens in der Mitte gestattet auch die Umdrehung des aufliegenden Magnets um seine Längsachse. Bei den Schwingungsbeobachtungen ist der Luftzug sorgfältig abzuhalten.

c) *Intensitätsmagnete.* Die Herstellung guter Schwingungs- und Ablenkungsmagnete ist der wichtigste und schwierigste Teil des Unternehmens. Es handelt sich darum, ein Material von hoher Magnetisierbarkeit, magnetischer Konstanz und geringem Temperatur- und Induktionskoeffizienten zu finden. Man nimmt den besten Wolframstahl, formt Hohlzylinder und macht die Masse magnetisch möglichst hart. Dazu ist ein häufiges Ausglühen und Härten, Magnetisieren und Entmagnetisieren, auch ein langes Liegenlassen in magnetisch gesättigtem Zustande erforderlich; in der ersten Zeit nimmt das Moment stark, später immer weniger ab. Die Tesdorpfschen Magnete sind 71 *mm* lang, sie haben 15 *mm* äußeren und 10 *mm* inneren Durchmesser, zwei von ihnen tragen in der Mitte beiderseitig Querstifte zum Aufhängen

im Schwingungskasten, zwei andere sind als Deflektoren fest in Messinghülsen eingeschlossen. Die richtige Verpackung der Magnete, gegenseitig gebunden, ist von größter Wichtigkeit; Prof. Kiemenčič in Innsbruck und Prof. Edler in Potsdam haben beim Transporte die Magnete in Kapseln von weichem Eisen eingeschlossen. Die sorgsamste Behandlung der Intensitätsmagnete, die Vermeidung der Nähe anderer Magnete oder starker elektrischer Ströme, die Verhütung jeder Erschütterung durch Stoß, Schlag oder Fall versteht sich von selbst. Aber auch bei größter Vorsicht gelingt es nicht, Magnete von hohem Momente bei konstanter oder wenigstens gleichmäßig sich ändernder Kraft zu erhalten. Davon machen auch die Tesdorpfschen Magnete keine Ausnahme. Bei der Messung selbst tritt durch den Gebrauch der Magnete eine vorübergehende unregelmäßige Änderung des Moments, meist eine Schwächung, ein. *Praktische Versuche zur Herstellung besserer Magnete*, besonders in Hinsicht auf ihre Konstanz, würden die Erdmagnetiker mit Freude begrüßen, aber solche Arbeiten können unmöglich von einem Privatmanne ausgeführt werden.

5. Die Vorrichtung zur Messung der Vertikalintensität.

Bekanntlich haben wir heute noch kein Mittel zur genauen Messung der Vertikalkomponente der erdmagnetischen Kraft, man leitet vielmehr ihre Größe wie auch die der Totalintensität durch Rechnung aus der gemessenen Horizontalintensität und Inkli-

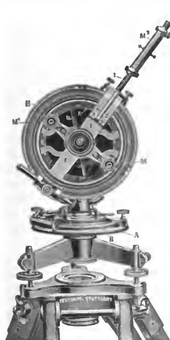


Fig. 6a.

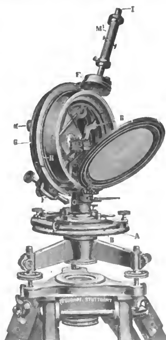


Fig. 6b.

nation ab. An Stellen aber, wo die Horizontalintensität sehr klein und entsprechend die Inklination groß ist, gibt die Beziehung $V = H \cdot tg\, J$ unsichere Werte; in der Nähe magnetischer Pole also wird man besser die Vertikalintensität selbst messen. Zu diesem

Zwecke ist das oben beschriebene Inklinatorium durch seitliche Stellung des Hemmwerks und der Stützen für die Auflager der Nadel so abgeändert, daß das untere und das obere Stück des Teilkreises *K* (Fig. 6a) für die Ablesung großer Inklinationen frei bleibt. Weiter ist ein Ablenkungsarm *I* zum Aufstecken des hier mit M^3 bezeichneten Intensitätsmagnets in der Schwingungsebene der Nadel an einem um den Kreismittelpunkt drehbaren Träger *F* angebracht, der auf einem auf dem Gehäuse *H* verstellbaren Speichenring *G* sitzt; der Arm *I* trägt eine sich auf die Kreismitte beziehende Teilung *i*. In der zum Ablenkungsarm senkrechten Mittelebene sind mit dem Träger fest verbunden zwei Mikroskope $M\,M^1$ mit abgesetztem Fadenkreuz von der Form ═—, wobei der auf Glas geritzte Doppelstrich zur Einstellung der Marke der Inklinationsnadel *N*, der einfache Strich zur Ablesung des Teilkreises dient. Das Fest- und Einstellen des Arms geschieht mit der Klemm- und Mikrometerschraube des Rahmens *F* am Rande des Gehäuses. Wegen des Rahmens wird das Gehäuse zum Einlegen und Abheben der Nadel auf der Rückseite geöffnet. Das Instrument läßt sich auf den oben beschriebenen Magnettheodolit oder auf einen besonderen Dreifuß mit einfachem Teilkreis *A* und Alhidade *B* (Fig. 6a u. 6b) aufsetzen.

Die Messung der Vertikalintensität geschieht in der zum magnetischen Meridian senkrechten Ebene, in der die Nadel für sich allein vertikal steht. Man schiebt dann den Intensitätsmagnet M^3 auf den Ablenkungsarm und befestigt ihn zwischen zwei Anschlagringen in einer zuvor eingestellten der magnetischen Vertikalkraft angepaßten Entfernung. Hierauf dreht man den Rahmen der Inklinationsnadel solange nach, bis die Marken der Nadel zwischen den Strichen der Mikroskop-Fadenkreuze stehen, bis also die abgelenkte Inklinationsnadel zum ablenkenden Intensitätsmagnet senkrecht steht (Fig. 6a). Man lenkt die Nadel nach beiden Seiten hin ab. Es wird hier die Messung der Vertikalintensität in der von der Horizontalkomponente nicht beeinflußten Vertikalebene in ähnlicher Weise ausgeführt, wie man in der von der Vertikalkomponente freien Horizontalebene die Horizontalintensität durch Ablenkungen mißt; nur wird der Reibung wegen die Messung weniger genau.

Die beschriebene magnetische Ausrüstung kann gleich gut zu Stations- wie für Reisebeobachtungen gebraucht werden. Als *Stationsinstrument* verwendet, erhält man mit ihm die erdmagnetischen Elemente in absolutem Maße mit einer für ein vollständiges magnetisches Observatorium ausreichenden Genauigkeit. Man nimmt dann das Deklinatorium mit Fadenaufhängung, die Ablenkungsschienen mit genauer sich auf die Instrumentenmitte beziehender Teilung bei Messung in zwei Abständen und führt Schwingungsbeobachtungen mit und ohne Trägheitsstab aus[1]). Für Reisebeobachtungen läßt man den Trägheitsstab und vielleicht die Schwingungen überhaupt weg, man kann sich auf Ablenkungen sogar nur aus einer Entfernung beschränken, auch nimmt man das Deklinatorium mit Pinnenaufhängung[2]).

Die beiden Erdmagnetiker der deutschen Südpolarexpedition, Dr. Bidlingmaier und Dr. Luyken, haben den Tesdorpfschen Magnettheodolit in der verschiedensten Weise benutzt: während der Seereise zur Bestimmung der Konstanten magnetischer Schiffsinstrumente, auf den Winterstationen zu absoluten Messungen und auf den Schlittenreisen als Reiseinstrument. Ohne den Ausführungen der beiden Herren im

[1]) Ergebnisse der magnetischen Beobachtungen in Potsdam 1890 u. 1891, herausg. vom Kgl. Preuß. Meteorologischen Institut.

[2]) Eschenhagen, Bestimmung der erdmagnetischen Elemente an 40 Stationen im nordwestlichen Deutschland.

neuen deutschen Polarwerke vorgreifen zu wollen, mag es mir doch erlaubt sein, schon hier das Urteil beider Beobachter anzuführen: „Unter meist ganz primitiven und oft durch das Wetter beeinträchtigten Verhältnissen hat der Magnettheodolit seinen Zweck vollständig erfüllt".

Eschenhagen und Tesdorpf — beide deckt nun schon die kühle Erde — sie hätten für ihre Schöpfung kein höheres Lob ernten können als dieses Urteil der kühnen Forscher, die unter den denkbar schwierigsten und außergewöhnlichsten Verhältnissen die Instrumente zu erproben Gelegenheit hatten und damit so gute Erfolge erzielten.

Über die Konstanz von Normalwiderständen aus Manganin (zweite Mitteilung).

Von
W. Jaeger und **St. Lindeck.**
(Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.)

In einer früheren Mitteilung vom April 1898[1]) haben wir über die Konstanz von Normalwiderständen[2]) aus Manganin bis zu diesem Zeitpunkt berichtet. Nachdem nun wieder ein Zeitraum von sieben Jahren seitdem verflossen ist, sollen die Angaben über die Erfahrungen der Reichsanstalt auf diesem Gebiet ergänzt und die Ergebnisse der Messungen bis zur Gegenwart mitgeteilt werden.

Nach den Vorschriften des Gesetzes betreffend die elektrischen Maßeinheiten vom 1. Juni 1898 hat die Reichsanstalt den Widerstandswert von Normalen aus festen Metallen durch Vergleichung mit den Quecksilbernormalen sicher zu stellen.

Bei der praktischen Ausführung dieser Bestimmung hat sich ein besonderer Modus herausgebildet, nach dem der Anschluß am zweckmäßigsten zu gestalten ist, um die Kontinuität der Messungen nach Möglichkeit zu wahren. Denn für die praktischen Bedürfnisse kommt es in erster Linie darauf an, die einmal angenommene Einheit, so genau es mit den heutigen Mitteln überhaupt möglich ist, unter Berücksichtigung aller bis jetzt über das Verhalten der Widerstände vorliegenden Erfahrungen festzuhalten.

Aus diesem Grunde würde es unzweckmäßig gewesen sein, für die Werte der Drahtwiderstände bei jeder Vergleichung mit den Quecksilbernormal-Rohren den Mittelwert der Rohre bezw. den Wert eines derselben zugrunde zu legen, da die Messung der Drahtnormale mit einer wesentlich größeren Genauigkeit ausgeführt werden kann, als diejenige der Quecksilberrohre.

Der Grund für die größere Ungenauigkeit der Messungen mit den Quecksilberrohren liegt einmal in dem ziemlich hohen Temperaturkoeffizienten des Quecksilberwiderstandes (etwa 1 Promille pro Grad), sodann vor allem in dem Umstand, daß als Wert eines Normalrohres der Mittelwert aus mehreren Füllungen desselben mit Quecksilber zu gelten hat, und daß jede Neufüllung mit einem Fehler behaftet ist, der denjenigen bei der Messung von Drahtwiderständen wesentlich übersteigt.

Würde man daher die Werte der Drahtwiderstände jedesmal auf die Quecksilbereinheit beziehen, so würden unmotivierte Sprünge in diesen Werten auftreten;

---

[1]) *Diese Zeitschr.* **18.** *S. 97. 1898; Wied. Ann.* **65.** *S. 572. 1898.*

[2]) Betreffs der für die Konstruktion der Normalwiderstände der Reichsanstalt maßgebenden Gesichtspunkte vgl. K. Feußner, *diese Zeitschr.* **10.** *S. 6 u. 425. 1890.*

alle Drahtwiderstände würden gleichzeitig annähernd dieselbe prozentische Änderung ihrer Werte zeigen, die somit keine Realität besitzen würde.

Es ist deshalb so verfahren worden, daß der Mittelwert einer Anzahl von Manganinwiderständen als konstant angenommen wurde. Die Differenzen zwischen den aus dieser Annahme und den durch Vergleichung mit der Quecksilbereinheit für die Drahtwiderstände folgenden Werten bleiben, wie im folgenden gezeigt wird, innerhalb der Beobachtungsfehler, die bei der Messung der Quecksilberrohre auftreten. Erst wenn die Differenzen diese Beobachtungsfehler überschreiten, wird man zu neuen Maßnahmen schreiten müssen, z. B. neue Quecksilberrohre herstellen oder die alten neu ausmessen.

Die Manganinwiderstände können also erfahrungsgemäß auf lange Zeit hinaus die Rolle der Quecksilberwiderstände als Einheit vertreten. Dies ist für die Sicherheit genauer Widerstandsmessungen sehr wichtig, da das Zurückgehen auf die Quecksilbernormale in jedem Einzelfalle, bei dem eine größere Genauigkeit erforderlich ist, wegen der damit verbundenen zeitraubenden Operationen und auch wegen der Gefährdung der Normalrohre ausgeschlossen erscheint.

Der Zeitraum, auf den sich die vorliegenden Erfahrungen erstrecken, beträgt über zehn Jahre.

Die Widerstandseinheit der Reichsanstalt wird aus fünf Quecksilbernormalrohren (drei von 1 Ohm, Nr. XI, XIV und 114, eines von $1/2$ Ohm, Nr. 106, eines von 2 Ohm, Nr. 131) gebildet, deren Mittelwert den Messungen zugrunde gelegt wird.

Über die Herstellung und Vergleichung dieser Quecksilberrohre und den Anschluß der Drahtnormale an dieselben ist, hauptsächlich in den „Wissenschaftlichen Abhandlungen der Reichsanstalt“, mehrfach berichtet worden[1]). Die letzte Messung vom März 1905 (W. Jaeger und H. von Steinwehr) ist noch nicht veröffentlicht; die Resultate sind aber in dem nachstehenden mit verwertet.

An die Quecksilberrohre sind zunächst vier Manganin-Normalwiderstände in Büchsenform mit besonderen Strom- und Potentialklemmen (von O. Wolff in Berlin) in der Weise in Abt. I der Reichsanstalt angeschlossen worden, daß sie unter sich sowie einzeln mit jedem Rohr bei jeder Füllung desselben verglichen wurden.

Diese in *legalen* Ohm abgeglichenen Manganin-Normale Nr. 148a, 149a, 150a, 151 stammen aus der ersten Zeit, in der solche Normalwiderstände aus Manganin hergestellt wurden (1891). Man hatte damals noch keine Erfahrung über die Konstanz derselben; nur der kleine Temperaturkoeffizient von durchschnittlich etwa zwei Hunderttausendstel pro Grad und vor allem auch die sehr kleine Thermokraft des Manganins gegen Kupfer machten diese neuen Normale besonders empfehlenswert.

Die vier Widerstände hatten noch besondere Nebenschlüsse zur definitiven Abgleichung des Wertes; jetzt werden die 1 Ohm-Normale ohne diese Nebenschlüsse, die eine gewisse Gefahr für die Unveränderlichkeit der Widerstände bedeuten, hergestellt; trotzdem ist die Abgleichung mindestens ebenso gut wie früher mit Nebenschluß.

---

[1]) W. Jaeger, Die Quecksilbernormale der Phys.-Techn. Reichsanstalt für das Ohm. *Wissensch. Abhandl. d. Phys.-Techn. Reichsanstalt* **2.** *S. 379. 1895; diese Zeitschr.* **16.** *S. 134. 1896.* W. Jaeger und K. Kahle, Fortsetzung I. *Ebenda* **3.** *S. 95. 1900; diese Zeitschr.* **21.** *S. 1. 1901.* W. Jaeger und H. Diesselhorst, Fortsetzung II u. III. *Ebenda* **4.** *S. 115. 1904; S. 193. 1905.* — W. Jaeger und K. Kahle, Die Grundlagen der elektrischen Widerstandseinheit für die Phys.-Techn. Reichsanstalt. *Wied. Ann.* **64.** *S. 456. 1898.* — W. Jaeger, Über die in der Darstellung und Festhaltung des elektrischen Widerstandsmaßes erreichte Genauigkeit. *Sitzungsber. d. Berl. Akad. 1903. S. 544.*

Bei drei dieser Büchsen zeigten sich gleich bei Beginn der Messungen Isolationsfehler, die in den Nebenschlüssen ihren Sitz hatten; deshalb wurden bei den Büchsen Nr. 149a und 150a die Nebenschlüsse durch neue ersetzt; bei Nr. 148a wurde der Nebenschluß ganz beseitigt, woraus sich der große Wert dieser Büchse (1,2 % über dem Sollwert) erklärt; Nr. 151 blieb seit 1891 ungeändert, während die veränderten Büchsen vom Oktober 1892 an in den Messungen auftreten; dabei wurde auf eine genaue Abgleichung der Widerstände kein Wert gelegt. Wenn nun auch die Vergleichung der Büchsen infolge der vom Sollwert z. T. stark abweichenden Werte etwas unbequem ist, so kann dieser Umstand doch den Vorteil bieten, daß mitunter systematische Fehler bei der Messung leichter gefunden werden, als wenn die Widerstände sehr nahe gleich wären. Man hat sie deshalb nicht weiter abgeglichen; neuerdings sind aber noch andere Manganin-Normale in den Bereich der Messungen mit einbezogen worden, welche dem Sollwert nahe entsprechen. Es geschah dies auch in der Absicht, Widerstandsbüchsen verschiedenen Alters zu besitzen, von denen man schwerlich annehmen kann, daß sie sich etwa alle zu gleicher Zeit um denselben Betrag ändern.

Tabelle I.

Mittelwert M bei 18° C., bezogen auf die 5 Quecksilberrohre.
Δ = Abweichung vom Mittel M_m in Millionteln.

Datum	M Intern. Ohm	Δ
März 1892	(1,001726)	—
Jan. 1895	37	− 3
Juni 1897	44	+ 4
März 1903	48	+ 8
Febr. 1904	36	− 4
März 1905	36	− 4
Zeitliches Mittel M_m	1,001740	

In der vorstehenden Tabelle I sind nun die Zahlen, welche durch Vergleichung der vier Manganinbüchsen mit den Quecksilberrohren für den Mittelwert M der Drahtwiderstände zu verschiedenen Zeiten erhalten wurden, zusammengestellt.

Die Messungen im März 1905 sind nur mit den zwei älteren Quecksilberrohren Nr. XI und XIV durchgeführt; die für M aus diesen beiden Rohren abgeleiteten Werte waren auf Milliontel identisch mit den im Vorjahr gefundenen; bei der letzteren Messung sind, ebenso wie bei der vom März 1903, die drei Quecksilberrohre Nr. XI, XIV, 114 benutzt worden[1]).

[1]) Außer den Manganinwiderständen wurden bis vor einigen Jahren in der Reichsanstalt zur Festlegung der Widerstandseinheit auch *Quecksilberkopien* benutzt, über die in der erwähnten Mitteilung in *dieser Zeitschr.* ***18.*** *S. 97. 1898* berichtet worden ist. Diese Kopien, von denen 12 Stück verwendet wurden, sind im Vakuum mit Quecksilber gefüllt und zugeschmolzen; sie wurden, ebenso wie die Quecksilbernormale selbst, bei 0° gemessen. Die Vergleichung der Kopien mit den Quecksilbernormalen und Manganinwiderständen ist noch bis zum Jahre 1901 fortgeführt worden; doch hat man neuerdings von einer weiteren Vergleichung der Kopien Abstand genommen, weil ihre Werte erheblich größere Veränderungen zeigen, als diejenigen der Manganinwiderstände.

Die Quecksilberkopien sollten, als zu Beginn der Messungen mit den Normalwiderständen noch keine Erfahrungen über die Manganinwiderstände vorlagen, an Stelle dieser als gebrauchsfertige Normale dienen; sie sind aber nun dadurch entbehrlich geworden, daß sich die Manganinwiderstände als sehr zuverlässig erwiesen haben und den Quecksilberkopien gegenüber wesentliche Vorteile bieten.

Der Messung im März 1892 liegt nur die Büchse Nr. 151 zugrunde, während die anderen drei Widerstände noch ihre alten, später abgeänderten Nebenschlüsse hatten. Vermöge der bis zum Oktober 1892 zurückreichenden relativen Vergleichungen der vier Manganinbüchsen (vgl. Tab. II) läßt sich aber ein ungefährer Mittelwert auch für diese Zeit ableiten, indem die relative Abweichung der Büchse Nr. 151 vom Mittelwert in Rechnung gezogen wird; der Wert vom März 1892 kommt jedoch für die Beurteilung der Konstanz nicht in Betracht und ist deshalb eingeklammert.

Die übrigen Werte von Jan. 1895 (der aus den Messungen von Nov. 1894 und Febr. 1895 gemittelt ist) bis März 1905 geben als zeitliches Gesamtmittel

$$M_m = 1{,}001740.$$

Die Differenzen der einzelnen Zahlen gegen dies Mittel liegen innerhalb der bei der Messung der Quecksilbernormale zu erreichenden Genauigkeit.

Eine relative Änderung zwischen den Werten der Quecksilbernormale und dem Mittelwert M der vier Manganinbüchsen ist demnach bisher nicht zu konstatieren. Da innerhalb dieser Genauigkeitsgrenze mangels einer Einheit von weitergehender Genauigkeit eine gewisse subjektive Willkür naturgemäß Platz greifen muß, so ist auch die Annahme, daß der Mittelwert M der vier Büchsen in dem Zeitraum von etwa 10 Jahren sich gar nicht geändert hat, ebenso zulässig wie irgend eine andere Annahme, welche mit den oben angegebenen Zahlen vereinbar wäre.

Diese Annahme, daß nämlich der Mittelwert M konstant geblieben ist, wurde nun seit Januar 1898 durchgeführt. Die vor diesem Zeitpunkt liegenden Werte von M sind bereits früher (*diese Zeitschr. 18. S. 99. 1898*) veröffentlicht worden; dort sind aber dem Mittelwert M die mit den Quecksilbernormalen erhaltenen Werte zugrunde gelegt; für die Zwischenzeiten, in denen keine Vergleichung der Normalrohre mit den Manganinwiderständen vorliegt, sind in einer hier nicht näher zu erläuternden Weise die Werte von Tab. I mit berücksichtigt worden.

In der folgenden Tab. II sind die unter den vorstehenden Annahmen gewonnenen Zahlen für die vier Manganinwiderstände vom Dez. 1891 bis März 1905 zusammengestellt. Das Mittel M ist also, wie erwähnt, vom Januar 1898 an als konstant angenommen[1]); die Werte der einzelnen Widerstände sind aus diesem Mittel durch relative Vergleichung der Widerstände unter einander abgeleitet, worauf hier nicht näher eingegangen werden soll.

Das die Quecksilberkopien betreffende Zahlenmaterial soll an anderer Stelle mitgeteilt werden. Hier sei nur die eigentümliche Erscheinung hervorgehoben, daß die Quecksilberkopien eine ganz systematische zeitliche Abnahme von etwa 0,001% pro Jahr zeigen, wenn man das Mittel einer größeren Anzahl derselben zugrunde legt. Woher diese Abweichung rührt, ist zweifelhaft, vielleicht spielt die Auflösung der Platinzuleitungen im Quecksilber oder die Einwirkung des Quecksilbers auf die Glaswände des Rohres eine Rolle. Einige dieser Quecksilberkopien zeigten, wie auch schon aus den früher mitgeteilten Zahlen hervorgeht, sprungweise bedeutende Änderungen.

Würde man, um diese Übelstände zu vermeiden, die Kopien nicht mit Quecksilber gefüllt stehen lassen, sondern wie die Normalrohre selbst für jede Messung neu füllen, so würden durch die Fehler, mit denen eine solche Füllung behaftet ist, die Kopien gegenüber den Manganinwiderständen ebenfalls im Nachteil sein.

Aus allen diesen Gründen wurden die Quecksilberkopien nicht weiter zu regelmäßigen Messungen herangezogen.

[1]) Dies ist auch der Zeitpunkt, an welchem in der Reichsanstalt den Prüfungen offiziell die definitiven Werte der fünf erwähnten Quecksilbernormale zugrunde gelegt wurden, während vorher ein provisorischer Wert benutzt worden war.

Es wurde damals ein Schreiben an die Fabrikanten von Widerstandsnormalen gesandt des Inhalts, daß die bisherigen Angaben der Reichsanstalt über Normalwiderstände in internationalen Ohm

Tabelle II.
Werte der Manganin-Normale von Abt. I in int. Ohm bei 18° C.
(Sollwert 1 legales Ohm[1]).)

Bezeichnung	Nr. 148a		Nr. 149a		Nr. 150a		Nr. 151		Mittel M
Temp.-Koeff.	+ 0,000019		+ 0,000015		+ 0,000006		+ 0,000021		
		Δ		Δ		Δ		Δ	
Dez. 1891	—		—		—		$0,997676_5$	-23_5	—
Okt. 1892	1,012157	$+1_5$	—		$0,998560_5$	$+29_5$	678_5	-21_5	—
Nov. 1893	146	-9_5	0,998574	-11_5	547_5	$+16_5$	681_5	-18_5	1,001737
Mai 1894	152	-3_5	573	-12_5	545_5	$+14_5$	682_5	-17_5	738
Jan. 1896	152_5	-3	575_5	-10	541	$+10$	690	-10	740
Jan. 1897	157	$+1_5$	585	-0_5	538_5	$+7_5$	695_5	-4_5	744
Juni 1897	148_5	-7	591_5	$+6$	539_5	$+8_5$	699	-1	744
Jan. 1898	156	$+0_5$	588	$+2_5$	533	$+2$	702_5	$+2_5$	745
Febr. 1899	157	$+1_5$	587	$+1_5$	530	-1	706	$+6$	745
Jan. 1900	156_5	$+1$	593	$+7_5$	521	-10	709_5	$+9_5$	745
März 1901	157	$+1_5$	588	$+2_5$	522	-9	713	$+13$	745
Jan. 1902	156_5	$+1$	593_5	$+8$	517_5	-13_5	712_5	$+12_5$	745
Jan. 1903	161	$+5_5$	590	$+4_5$	518	-18	715	$+15$	745
Jan. 1904	161	$+5_5$	589	$+3_5$	518	-18	717	$+17$	745
März 1905	162	$+6_5$	588	$+2_5$	510	-21	720	$+20$	745
zeitlicher Mittelwert	$1,012155_5$		$0,998585_5$		0,998531		0,997700		

Wie die in Tab. II angegebenen Zahlen zeigen, ist die Änderung der Manganinwiderstände in dem langen Zeitraum von 12 Jahren sehr gering. In den mit Δ überschriebenen Spalten sind die Abweichungen der Einzelwerte vom zeitlichen Mittelwert jedes Widerstandes in Millionteln angegeben. Die (abgerundete) Änderung beträgt demnach:

Änderung in 0,001 %.

	vom Okt. 1892 ab	vom Jan. 1898 ab
Nr. 148a	etwa $+1_5$	etwa $+0_5$
„ 149a	„ $+1_5$	„ 0
„ 150a	„ -4	„ -2
„ 151	„ $+4$	„ $+2$

Da keine größeren Differenzen zwischen den aus der Vergleichung mit den Quecksilbernormalen abgeleiteten Werten und dem als konstant angenommenen Mittelwert M der Manganin-Normale auftreten, so liegt keine Ursache vor, bei dem letzteren eine Änderung eintreten zu lassen. Erst wenn Unterschiede gefunden werden sollten, welche die Beobachtungsfehler wesentlich überschreiten, müßte in anderer Weise verfahren werden.

mit der definitiven Einheit dadurch in Übereinstimmung gebracht werden können, daß von den bis zu dem genannten Zeitpunkt in den Prüfungsscheinen mitgeteilten Werten

$$0{,}012_2\ \%$$

abgezogen werden. Um diesen Betrag war also die neue Einheit größer.

Bei der Geringfügigkeit der Differenz für praktische Zwecke wurde von einer Veröffentlichung abgesehen, aber bei Nachprüfungen von Einzelwiderständen wurde den Besitzern der betr. Büchsen diese Mitteilung ebenfalls gemacht.

[1]) Wegen der großen Abweichungen der Büchsen Nr. 148a, 149a und 150a vom Sollwert vgl. S. 17.

Die in Tab. II mitgeteilten Zahlen erhalten nun eine weitere Stütze durch die jährlich an diese Werte angeschlossenen Büchsen von Abt. II im Betrag von 1 Ohm sowie durch die Widerstände der höheren und niederen Dekaden. Ein Teil dieser Büchsen, über die im folgenden eingehender berichtet wird, dient zur Prüfung bezw. Beglaubigung eingesandter Widerstände und repräsentiert somit die praktisch in Erscheinung tretende Widerstandseinheit der Reichsanstalt.

Die in den folgenden Tabellen III, IIIa—c, IV und V mitgeteilten Erfahrungen beziehen sich auf 30 Normale, die bis auf Nr. 22 (Tab. IIIb) aus Manganin bestehen und, mit Ausnahme von zwei Widerständen, von O. Wolff in Berlin hergestellt worden sind.

Tabelle III. Dek[...]
Werte in int. Ohm bei 18° C. $\varDelta$ = Abweich[...]

Datum		1_A		1_B		1_C	
			$\varDelta$		$\varDelta$		$\varDelta$
Februar	1898	0,999906	$+5_5$	0,999883	$+6_5$	0,999951	$+7$
März	1899	896	-4_5	871_5	-5	938_5	-5_5
Februar	1900	903_5	$+3$	877_5	$+1$	945_5	$+1_5$
März-April	1901	900	-0_5	876	-0_5	944_5	$+0_5$
Februar	1902	904_5	$+4$	879	$+2_5$	947_5	$+3_5$
Januar-Febr.	1903	900	-0_5	875_5	-1	943	-1
März	1904	894	-6_5	870_5	-6	938	-6
März	1905	899_5	-1	877_5	$+1$	943_5	-0_5
	Mittel	$0,999900_5$		$0,999876_5$		0,999944	

In der früheren Veröffentlichung[1]) ist bereits ausführlich über das Messungsverfahren berichtet worden. Es sei hier kurz wiederholt, *daſs der in der Abt. I der Reichsanstalt für das Normal 1_A (Tab. III) aus der alljährlich wiederholten Vergleichung mit den Manganin-Normalen Nr. 148a, 149a, 150a und 151 sich ergebende Wert der Berechnung aller in Abt. II benutzten Widerstände zugrunde liegt.* Im unmittelbaren Anschluß an diese Vergleichung erfolgt jedesmal die Neubestimmung der Werte aller Normale von Abt. II. Zu diesem Zweck werden zunächst die 10 Ohm-Widerstände (10_A und 10_B) aus 1_A und den darauf neu bezogenen Widerständen 1_B; 1_C; 2_A und 5_A aufgebaut. Damit ist dann ein genau bekanntes Verhältnis [1 : 10] gegeben, mit Hülfe dessen die Normale von 0,1; 0,01; 0,001 ... Ohm und diejenigen von 100; 1000; 10000 ... Ohm direkt oder indirekt auf das Normal 1_A bezogen werden können; wegen der Einzelheiten des Verfahrens wird auf die zuletzt zitierte Abhandlung verwiesen.

In den Tabellen III, IV und V sind die so in den Jahren 1898—1905 erhaltenen Werte für dieselben 19 Büchsen zusammengestellt, über deren Verhalten in dem Zeitraum 1894 bezw. 1895—1898 bereits früher berichtet wurde. Neben den Werten sind in den Spalten $\varDelta$ die Abweichungen vom Mittel der letzten 8 Messungsreihen in *Millionteln des Wertes* angegeben. Es wurde davon abgesehen, auch die älteren Beobachtungen an den Büchsen nochmals mit anzuführen; hier kommt es vielmehr hauptsächlich darauf an, zu zeigen, inwieweit die Annahme einer *absoluten* Konstanz des

[1]) *Diese Zeitschr. 18. S. 100—106. 1898.*

Mittelwerts M (s. *S. 18*) durch die Messungen in der Abt. II der Reichsanstalt[1]) gestützt wird.

Der Anschlußfehler, mit dem das Normal 1_A behaftet ist, geht natürlich mit seinem vollen Betrage in die Werte der übrigen Büchsen ein. Von noch größerem Einfluß ist aber ein Fehler in der Bestimmung des Verhältnisses [1:10]. Ein Fehler von 5 Millionteln in diesem Verhältnis würde für die Widerstände von 0,01 und 100 Ohm schon Fehler von 10 Milliontel, für Widerstände von 0,001 und 1000 Ohm solche von 15 Milliontel und für Widerstände von 10000 Ohm Fehler von 20 Milliontel des Wertes bedingen; dabei haben die Fehler für die Büchsen von 100; 1000; 10000 ... Ohm das umgekehrte Vorzeichen als diejenigen für die Büchsen von 0,1; 0,01; 0,001 ... Ohm. Es ist also natürlich, daß die Schwankungen in den Zahlen der Spalten Δ von einem Jahr zum andern in den von 1 Ohm entfernteren Dekaden größer sind als bei den

1 Ohm.
Mittel in Millionteln des Wertes.

2_A		5_A		10_A		10_B	
	Δ		Δ		Δ		Δ
1,999930$_5$	+ 9	4,999864	+ 15$_5$	10,00020$_5$	+ 3	10,00010$_5$	+ 1$_5$
903	− 4$_5$	824	+ 7$_5$	14	− 3$_5$	05	− 4
911	− 0$_5$	793$_5$	+ 1$_5$	13$_5$	− 4	06$_5$	− 2$_5$
907	− 2$_5$	768$_5$	− 3$_5$	16	− 1$_5$	08$_5$	− 0$_5$
916	+ 2	781	− 1	19	+ 1$_5$	11	+ 2
906	− 3	740	− 9	16$_5$	− 1	09	± 0
904	− 4	739	− 9$_5$	18	+ 0$_5$	08	− 1
917	+ 2$_5$	776	− 2	22	+ 4$_5$	13	+ 4
1,999912		4,999786		10,00017$_5$		10,00009	

1 Ohm-Büchsen, *ohne daß es sich dabei immer um reelle Änderungen des Widerstandes zu handeln braucht.*

Aus diesen Gründen würde es auch nicht richtig sein, zur Beurteilung der Konstanz der durch die Drahtwiderstände verkörperten Einheit die Büchsen *aller* Dekaden gleichmäßig heranzuziehen, da sie mit ganz verschiedenen Beobachtungsfehlern behaftet sind; man wird sich vielmehr in erster Linie auf eine größere Zahl von 1 Ohm-Widerständen stützen müssen.

Nach diesen Vorbemerkungen sollen die Zahlen der Tabellen etwas näher diskutiert werden.

Betrachtet man zunächst die Spalten Δ für die drei Büchsen 1_A, 1_B, 1_C (Tab. III) so sieht man, daß die Abweichungen vom Mittel bei diesen drei Büchsen fast vollständig parallel verlaufen; auch die Büchse 2_A zeigt dies noch sehr deutlich. Die tatsächlichen Änderungen sind also offenbar noch viel geringer, als die Betrachtung der Spalten Δ für diese Büchsen vermuten läßt; denn die Annahme wäre doch äußerst unwahrscheinlich, daß die drei 1 Ohm-Büchsen diesen *Schwankungen* von einigen Millionteln des Werts stets ganz gleichartig unterliegen, zumal 1_A und 1_C sehr selten, 1_B dagegen häufig benutzt werden. Es handelt sich vielmehr zum Teil wohl um den oben bereits erwähnten Anschlußfehler von 1_A bei der Vergleichung mit den den

[1]) Die Beobachtungen hat zum größten Teil Hr. W. Klußmann unter der Leitung des einen von uns in sorgfältigster Weise ausgeführt.

Mittelwert M darstellenden Büchsen von Abt. I; auch kann ja dieser Mittelwert von Jahr zu Jahr um einige Milliontel schwanken, zumal es sich dabei um Manganinwiderstände aus der ersten Zeit ihrer Herstellung handelt (vgl. oben *S. 16*).

In den Δ für die Büchsen 1_A, 1_B, 1_C, 2_A, 10_A und 10_B läßt sich ein Gang nicht erkennen, die Konstanz dieser 6 Büchsen ist vielmehr eine außerordentlich große. Büchse 5_A ist über längere Zeiträume offenbar nicht ganz so konstant; sie zeigt eine Abnahme des Wertes von etwa 0,002 % in 7 Jahren. Durch die Konstanz der obigen 6 Büchsen, namentlich der drei von 1 Ohm, wird die Annahme von der Konstanz des Mittelwertes M sehr wahrscheinlich gemacht. Übrigens kann noch viel Beobachtungsmaterial an anderen 1 Ohm-Büchsen herangezogen werden, das, wenn auch nicht für den ganzen Zeitraum von 1898 ab, aber doch für die letzten Jahre die mit Manganinwiderständen erreichbare Konstanz erläutert. So existieren neben den Haupt-Normalen 1_A, 1_B, 1_C noch Gebrauchs-Normale 1_D, 1_E, 1_F von 1 Ohm. Ihre Abweichungen vom Sollwert in *Millionteln* zeigt die folgende Tabelle IIIa.

Tabelle IIIa. Büchsen 1_D, 1_E, 1_F von 1 Ohm.
Werte in int. Ohm bei 18° C.

Datum	1_D		1_E		1_F	
		Δ		Δ		Δ
August 1901	1,000021	-1_5	1,000026	-5_5	0,999919	$+1_5$
Juli 1902	26_5	$+4$	38_5	$+7$	921_5	$+4$
Februar 1903	20	-2_5	26	-5_5	917	-0_5
März 1904	19	-3_5	28	-3_5	912	-5_5
März 1905	25	$+2_5$	37	$+5_5$	917	-0_5
Mittel	$1{,}000022_5$		$1{,}000031_5$		$0{,}999917_5$	

Also auch für die Widerstände von Tab. IIIa läßt sich für einen Zeitraum von nahe 4 Jahren eine Änderung, die 0,001% erreicht, nicht nachweisen.

Tabelle IIIb. Büchsen Nr. 139 (Manganin) und Nr. 22 (Patentnickel)
Werte in int. Ohm bei 18° C.

Datum	Nr. 139 $\alpha_{18} = +0{,}000031$		Nr. 22 $\alpha_{18} = +0{,}000207$	
		Δ		Δ
Januar 1898	0,997821	$+3_5$	—	—
Februar 1899	16	-1_5	0,996875	$+2$
Januar 1900	12	-5_5	72	-1
März 1901	13	-4_5	71	-2
Januar 1902	24_5	$+7$	83_5	$+10_5$
Januar 1903	19	$+1_5$	74	$+1$
Januar 1904	16	-1_5	62	-11
März 1905	20	$+2_5$	75	$+2$
Mittel	$0{,}997817_5$		0,996873	

Des weiteren zeigt von älteren Widerständen, die zu laufenden Messungen nicht mehr benutzt werden, die noch nach legalem Ohm abgeglichene Manganin-Büchse Nr. 139 in den letzten 7 Jahren eine vorzügliche Konstanz, ebenso die Büchse 22 aus Patentnickel, die seit 1898 an Stelle der durch eine versehentliche Beschädigung unbrauchbar gewordenen Büchse Nr. 23 aus dem gleichen Material jährlich an die Haupt-

Drahtnormale mit angeschlossen wird; bei Büchse Nr. 22 sind nur die Schwankungen etwas größer, was bei dem relativ großen Temperaturkoeffizienten des Patentnickels und seiner großen Thermokraft gegen Kupfer nicht auffällig ist. Tab. IIIb enthält die Werte dieser beiden Büchsen in int. Ohm bei 18° C.; a_{18} bedeutet den Temperaturkoeffizienten bei dieser Temperatur.

Ältere Beobachtungen an diesen beiden Büchsen finden sich in den *Wiss. Abh. d. P. T. R. 2. S. 538—541. 1895* und in *dieser Zeitschr. 18. S. 99. 1898*; auf die Tatsache, daß Patentnickel-Widerstände eine sehr befriedigende Konstanz zeigen, wurde dabei schon hingewiesen.

Schließlich seien in Tab. IIIc noch Zahlen mitgeteilt, die an sechs Widerständen von 1 Ohm, Kontroll-Normalen der sechs zurzeit in Deutschland bestehenden Elektrischen Prüfämter, seit 1903 erhalten wurden. Die für diese Büchsen gefundenen Werte sind deshalb von besonderem Interesse, *weil die Büchsen alljährlich den Transport von dem Prüfamt nach der Reichsanstalt und zurück auszuhalten haben, und zwar werden die Widerstände einfach als Frachtgut versandt.* Trotzdem ist das Resultat ein außerordentlich günstiges: bei dem ersten, dritten und vierten Widerstand ist eine Änderung in 2 Jahren nicht nachweisbar; die Widerstände zeigen vielmehr bis auf wenige Milliontel dieselben Schwankungen wie das Normal 1_A in den betreffenden Jahren, d. h. sie sind ebenso konstant geblieben wie 1_A. Die andern drei Büchsen zeigen einen minimalen Anstieg im Betrag von 0,001 bis 0,002 %, wie dies bei relativ neuen Büchsen öfters vorkommt, aber selbst für die feinsten Messungen auch dann völlig belanglos wäre, wenn man die Änderung nicht berücksichtigte.

Tabelle IIIc. Kontrollnormale von 1 Ohm der Elektrischen Prüfämter.

Elektrisches Prüfamt	Bezeichnung des Widerstandes	Datum der Messung	Wert in int. Ohm bei 18° C.	Δ in Milliontel Ohm
1. (Ilmenau)	G. L. 9	März 1903	1,000377	+ 4
		April 1904	366	— 7
		Mai 1905	376	+ 8
			Mittel: 373	
2. (Hamburg)	2056	wie bei 1.	1,000087	— 11_5
			099_5	+ 1
			109	+ 10_5
			" 098_5	
3. (München)	2032	" "	1,000022	+ 4_5
			011	— 6_5
			019	+ 1_5
			" 017_5	
4. (Nürnberg)	2261	" "	0,999995	— 0_5
			990_5	— 5
			1,000001	+ 5_5
			" 995_5	
5. (Chemnitz)	2258	" "	0,999981	— 4
			981	— 4
			993	+ 8
			" 985	
6. (Frankfurt a. M.) . . .	16214	August 1903	0,999934	— 10_5
		April 1904	950	+ 5_5
		Mai 1905	949	+ 4_5
			" 944_5	

Der erste dieser Widerstände ist in der Großh. Sächs. Fachschule in Ilmenau, der letzte von Siemens & Halske A. G. in Berlin, die übrigen sind von O. Wolff in Berlin hergestellt.

Außer den 1 Ohm-Büchsen hat jedes Prüfamt noch Kontroll-Normale von 100; 10; 0,1; 0,01 und 0,001 Ohm, die ebenfalls alljährlich in der Reichsanstalt nachgeprüft werden. Auch diese sämtlichen Büchsen zeigen fast ausnahmslos eine recht befriedigende Konstanz.

Es erübrigt noch, die Zahlen der Tab. IV (Widerstände von 0,1 Ohm abwärts und Tab. V (Widerstände von 100 Ohm anfwärts) zn diskntieren.

$0{,}1_A$ scheint von 1898 bis 1905 um etwa 0,002 % abgenommen, $0{,}1_B$ um ungefähr ebensoviel zugenommen zu haben. Daß gerade die 0,1 Ohm-Büchsen öfters eine etwas geringere Konstanz zeigen als diejenigen von 1 Ohm, rührt vielleicht daher, daß die Spule der 0,1 Ohm-Büchsen aus zwei 2 *mm* starken, parallel geschalteten Drähten besteht, die beim Aufwickeln *erheblich deformiert* werden, sodaß die Alterung durch Erhitzen nicht so gut gelingt, wie z. B. bei den 1 Ohm-Widerständen. Hierauf und auf eine ähnliche Erscheinung bei den hohen Widerständen (vgl. weiter unten) ist seitens der Reichsanstalt schon vor 10 Jahren aufmerksam gemacht worden (vgl. *Wiss. Abh. d. P. T. R. 2. S. 537. 1895*).

Die Zahlen der Spalten Δ für die Widerstände von 0,01 Ohm ($0{,}01_A$ und $0{,}01_B$) sind bis auf wenige Millontel einander gleich, sodaß die Schwankungen von einem zum andern Jahr wohl als Beobachtungsfehler in weiterem Sinne (vgl. oben *S. 21*) zu betrachten sind; doch scheinen beide Widerstände in 7 Jahren um 0,003 % abgenommen zu haben. Dagegen sind offenbar die beiden Büchsen von 0,001 Ohm in diesem Zeitraum innerhalb der Beobachtungsfehler konstant geblieben. Dieses vorzügliche Verhalten der 4 aus Manganin-*Blech* bestehenden Widerstände ist deshalb besonders bemerkenswert, weil das Manganin noch vielfach als ein *bei gewöhnlicher Temperatur* leicht oxydierbares Material betrachtet wird, das man gegen Oxydation ganz besonders gut schützen müsse. Nun bestehen die genannten Widerstände aus blanken, lediglich durch einen dünnen Lacküberzug geschützten Blechen. Wenn trotzdem der Widerstand so konstant bleibt, kann dieser angebliche Nachteil des Manganins nicht von großer Bedeutung sein. Tatsächlich handelt es sich aber, wenn dieser Einwand gegen das Manganin erhoben wird, im wesentlichen um eine Verwechslung mit der in der Reichsanstalt zuerst beobachteten Tatsache, daß beim *Glühen* des Manganins das Mangan in stärkerem Maße oxydiert wird als das Kupfer. Diese Bemerkung ist wohl für die Herstellung des Manganindrahtes und -bleches, aber keineswegs für seine Verwendung zu Normalwiderständen von Bedeutung.

Die beiden 100 Ohm-Büchsen (Tab. V) zeigen im ganzen Zeitraum fast genau die gleiche Differenz; beide haben um 0,002% zugenommen.

Bei 1000_A beträgt die Zunahme etwa 0,004%, bei 1000_B 0,003% und erreicht bei den beiden 10000 Ohm-Büchsen 0,01 % in 7 Jahren, wobei es wiedernm sehr interessant ist, daß die beiden letzteren Büchsen sich ganz gleichartig verhalten.

Der Grund für die etwas geringere Konstanz der hohen, namentlich der 10000 Ohm-Widerstände, ist, nach allen hier vorliegenden Erfahrungen zu schließen, ein ähnlicher, wie der oben bereits für die 0,1 Ohm-Widerstände erwähnte: der dünne Manganindraht, der zur Herstellnng hoher Widerstände erfordert wird, kann von einer gewissen Stärke abwärts vor dem jeweiligen Ausziehen nicht mehr *geglüht*, sondern muß *kalt* dünner gezogen werden; dadurch wird er sehr hart und zeigt nach dem Altern stärkere Nachwirkungen als dickerer Draht, der durch Ausglühen vor dem

Tabelle IV. Normale von 0,1; 0,01 und 0,001 Ohm.

Werte in int. Ohm bei 18° C. Δ = Abweichung vom Mittel in *Millionteln des Wertes.*

Datum	$0{,}1_A$	Δ	$0{,}1_B$	Δ	$0{,}01_A$	Δ	$0{,}01_B$	Δ	$0{,}001_A$	Δ	$0{,}001_B$	Δ
Januar 1898	0,0999615	+ 5$_5$	0,0999989	− 13$_5$	0,01000236	+ 25	0,01000025	+ 29	0,000999674	+ 19	0,000999708	− 3
März 1899	617	+ 7$_5$	983	− 19$_5$	205	− 6	0,00999987	− 9	637	− 18	678	− 33
Februar 1900	637$_5$	+ 28	0,1000000$_5$	− 2	229$_5$	+ 18$_5$	0,01000012	+ 16	669$_5$	+ 14$_5$	743$_5$	+ 32$_5$
März 1901	613$_5$	+ 4	003$_5$	+ 1	226	+ 15	007	+ 11	676	+ 21	749	+ 38
Februar 1902	609$_5$	± 0	008	+ 5$_5$	209	− 2	0,00999993$_5$	− 2$_5$	655	± 0	721	+ 10
Februar 1903	598	− 11$_5$	015	+ 12$_5$	201$_5$	− 9$_5$	987$_5$	− 8$_5$	657	+ 2	712$_5$	+ 1$_5$
März 1904	589	− 20$_5$	007$_5$	+ 5	177	− 34	964	− 32	615$_5$	− 39$_5$	669	− 42
März 1905	597	− 12$_5$	014$_5$	+ 12	206	− 5	992$_5$	− 3$_5$	658	+ 3	709	− 2
Mittel	0,0999609$_5$		0,1000002$_5$		0,01000211		0,00999996		0,000999655		0,000999711	

Tabelle V. Normale von 100; 1000 und 10000 Ohm.

Werte in int. Ohm bei 18° C. Δ = Abweichung vom Mittel in *Millionteln des Wertes.*

Datum	100_A	Δ	100_B	Δ	1000_A	Δ	1000_B	Δ	10000_A	Δ	10000_B	Δ
Januar 1898	99,9900	− 9$_5$	99,9882	− 9	1000,003	− 20$_5$	999,993	− 14$_5$	10003,98	− 61$_5$	10003,78	− 66$_5$
März 1899	08	− 1$_5$	91	± 0	27	+ 3$_5$	1000,015	+ 7$_5$	4,45	− 14$_5$	4,26	− 18$_5$
Februar 1900	02$_5$	− 7	84$_5$	− 6$_5$	14$_5$	− 9	01$_5$	− 6	4,35$_5$	− 24	4,25$_5$	− 19
März 1901	10$_5$	+ 1	92	+ 1	19	− 4$_5$	05	− 2$_5$	4,54	− 5$_5$	4,42	− 2$_5$
Februar 1902	10$_5$	+ 1	91$_5$	+ 0$_5$	20$_5$	− 3	04$_5$	− 3	4,66$_5$	+ 7	4,57$_5$	+ 13
Februar 1903	11	+ 1$_5$	92	+ 1	24	+ 0$_5$	08	+ 0$_5$	4,75	+ 15$_5$	4,66	+ 21$_5$
März 1904	15	+ 5$_5$	96	+ 5	29	+ 5$_5$	11	+ 3$_5$	4,96	+ 36$_5$	4,76	+ 31$_5$
März 1905	19	+ 9$_5$	98$_5$	+ 7$_5$	49$_5$	+ 26	21$_5$	+ 14	5,05	+ 45$_5$	4,86$_5$	+ 42
Mittel	99,9909$_5$		99,9891		1000,023$_5$		1000,007$_5$		10004,59$_5$		10004,44$_5$	

jeweiligen Feinerziehen stets wieder weich gemacht werden kann; hieranf wurde ebenfalls nicht nur in den *Wiss. Abh. a. a. O.*, sondern auch in unserer späteren Mitteilung in *dieser Zeitschr. 18. S. 106. 1898* hingewiesen.

Ein Gesichtspunkt, der häufig übersehen wird, sei hier besonders betont: Änderungen, die an einer Widerstandsbüchse beobachtet werden, können durch das Widerstandsmaterial, aber auch durch die Herstellungsweise allein bedingt sein. So würde es natürlich nur eine Sache des Kostenpunkts sein, erheblich konstantere Widerstände von 10000 Ohm herzustellen, indem man dickeren Draht benutzt. Doch übertrifft ihre Haltbarkeit bei der jetzigen Herstellungsweise, wie aus dem folgenden hervorgeht und durch ältere Messungen anderer Beobachter bekannt ist, noch erheblich die Konstanz, die man früher an Hauptnormalen von 1 Ohm erzielte; sie ist also sicher ausreichend, zumal wenn man bedenkt, daß an die Widerstände der von 1 Ohm entfernteren Dekaden bei weitem nicht so hohe Anforderungen bezüglich ihrer Unveränderlichkeit zu stellen sind, wie an Widerstände der Dekade von 1 Ohm, die für praktische Zwecke in der Zeit zwischen zwei Vergleichungen mit den Quecksilbernormalen die Widerstandseinheit verkörpern.

Der Fortschritt, der in der Herstellung konstanter Widerstände in den letzten 15 Jahren gemacht worden ist, wird in vollem Umfang erst ersichtlich, wenn man das im vorhergehenden geschilderte Verhalten von Manganinwiderständen mit demjenigen von Normalen aus anderen Materialien vergleicht. Aus unseren Erfahrungen soll hierüber zum Schluß noch kurz einiges mitgeteilt werden.

In den Jahren 1890 und 1891 bezog die Reichsanstalt Normale von 1 Ohm von J. Carpentier in Paris und von Elliott Bros. in London; das erstere (Neusilber) wurde im *Bureau d'étalonnement des résistances électriques du Ministère des Postes et Télégraphes* in Paris von Hrn. F. de Nerville mit den dortigen Hauptnormalen, das zweite in Cambridge von Hrn. Glazebrook mit den Normalen der *British Association* verglichen.

Tabelle VI. Widerstand einiger alter Normale in int. Ohm bei 18° C.

Hersteller	Carpentier	Reichsanstalt		Elliott	Siemens & Halske
Bezeichnung	2280—1	56	57	250	4448
Material	Neusilber	Nickelin	Nickelin	Platinsilber	Patentnickel
Temperaturkoeffizient	+ 0,000406	+ 0,000300	+ 0,000300	+ 0,000258	+ 0,000173
März 1892	1,00114	0,99712	0,99699	0,99795	0,99735
Juli 1893	127	717	701	790	731
Dezember 1894	183	725	709	783	735
November 1905	261	766	740	763	727
Änderung in Ohm	+ 0,00147	+ 0,00054	+ 0,00041	— 0,00032	— 0,00008

In der vorstehenden Tab. VI sind Messungen der Reichsanstalt an diesen beiden Büchsen seit dem Jahre 1892, zusammen mit Beobachtungen an einem Anfang 1889 von Siemens & Halske in Berlin bezogenen Normal (Patentnickel) und zwei in der Reichsanstalt um dieselbe Zeit hergestellten Widerständen aus Nickelin aufgeführt. Die Widerstände sind in Tab. VI nach der Größe der Temperaturkoeffizienten angeordnet. Als Einheit lag bei der Abgleichung das *legale* Ohm zugrunde; der Wider-

stand von Carpentier war schon bei der ersten Messung durch Hrn. de Nerville erheblich zu groß.

Die Messungen sind in Tab. VI *auf eine Stelle weniger angegeben als in den übrigen Tabellen.*

Am meisten haben sich also, wie dies nach den früheren Untersuchungen der Reichsanstalt zu erwarten war, die drei ersten Widerstände der Tab. VI aus *zinkhaltigen* Legierungen geändert; besonders stark (0,15 %) ist das Anwachsen des Widerstandes von Carpentier, der, nach dem Temperaturkoeffizienten zu urteilen, aus einem sehr zinkhaltigen Material bestehen muß. Die beiden anderen Widerstände haben abgenommen; am besten verhielt sich der Patentnickel-Widerstand von Siemens & Halske; dieser Widerstand war es, durch den die Reichsanstalt auf das Patentnickel zuerst aufmerksam wurde.

Für kein anderes Widerstandsmaterial ist bisher durch langjährige systematische Untersuchungen an einer *großen Zahl* von Widerständen der *verschiedensten Beträge* eine ähnliche Konstanz nachgewiesen worden, wie sie die Beobachtungen der Reichsanstalt für das *Manganin* ergeben haben. Aber selbst wenn dieser Nachweis für eine andere der bis jetzt zu Normalwiderständen benutzten Legierungen geführt wäre, so dürfte diesen das Manganin wegen seines außerordentlich kleinen Temperaturkoeffizienten (etwa 0,001 bis 0,002 % für 1° C.) und seiner sehr geringen thermoelektrischen Kraft gegen Kupfer (etwa 1,5 Mikrovolt für 1° C.) in elektrischer Hinsicht bei weitem überlegen sein. Dazu kommt sein geringer Preis, der gestattet, die ganze Skale von den höchsten bis zu den niedrigsten Widerständen aus einem einheitlichen Widerstandsmaterial auszuführen, was z. B. bei der Verwendung von Platinsilber nicht möglich wäre.

Es sei zum Schluß noch besonders betont, daß das im vorstehenden geschilderte gute Verhalten von Manganinwiderständen sich auf Normale bezieht, die von sachverständiger Seite unter Verwertung langjähriger Erfahrungen angefertigt worden sind. Vereinzelte ungünstige Urteile über das Manganin sind auf Verwendung ungeeigneten Materials, mangelnde Erfahrung in der Herstellung der Widerstände oder auf die Verallgemeinerung von Beobachtungen zurückzuführen, die an einem zufälligerweise mit einem Fehler behafteten Widerstand angestellt wurden.

Referate.

Notiz über den Gyroskop-Horizont von Fleuriais.

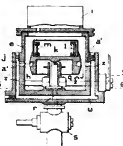
Von M. Favé. *Ann. hydrographiques 1904.*

Der Kreisel-Kollimator des Admiral Fleuriais hatte weder in der ersten Ausführungsform als Luft-Turbine, noch in der zweiten, bei der der Kreisel im luftleeren Raume rotierte (vgl. das Referat in *dieser Zeitschr.* **17.** *S. 23. 1897*), sich bewährt. Deshalb hat der Verf. im Jahre 1902 von der Firma Ponthus & Therrode in Paris eine dritte Form ausführen lassen, die die Nachteile der beiden ersten Formen vermeidet und ihre Vorteile vereinigt. Das Grundprinzip ist dasselbe geblieben, sodaß es genügt, hier nur auf die Änderungen und Verbesserungen einzugehen.

Der leitende Gedanke dabei ist, daß einerseits die Kreiselbüchse leicht geöffnet werden kann, wodurch der Kreisel und eventuell beschädigte, auszuwechselnde Teile zugänglich werden, und daß andrerseits der Kreisel in hinreichend verdünnter Luft rotiert, um eine

genügend lange Rotationszeit zu bekommen. Dies wird durch Auspumpen der Büchse vor jeder Beobachtung mit Hülfe einer einfachen Luftpumpe erreicht.

Die Konstruktion der Kreiselbüchse *e* (Fig. 1, 3 u. 6) ist derart, daß sie durch einen aufschraubbaren Deckel *i* luftdicht zu verschließen ist und durch zwei Rohrsysteme *r* und *x, v, u, z, a'* (Fig. 1, 3 u. 6) in Verbindung mit zwei Luftkanälen steht, die durch die beiden Hähne *s* und *y* (Fig. 1) luftdicht abgeschlossen werden können. Um den Kreisel in Bewegung zu setzen, werden die beiden Hähne *s* und *y* geöffnet und die Luftpumpe mittels eines Schlauches *t* mit dem Kanal *r* verbunden. Verdünnt man nun die Luft in der Kreiselbüchse mit Hülfe der Pumpe, so strömt die atmosphärische Luft durch den Hahn *y* und das damit verbundene Kanalsystem *x, v, u, z, a'* in den Innenraum hinein. Dabei strömt sie mit großer Geschwindigkeit durch die beiden Düsen *a' a'* (Fig. 2 u. 3) und trifft auf die Schaufeln *j* des Kreisels *h*. Der Kreisel setzt sich dadurch in Bewegung, und es genügen acht bis zehn Kolbenzüge der Luftpumpe, um hundert Umdrehungen in der Sekunde zu erreichen. Danach wird der Hahn *y* geschlossen. Durch zwei oder drei schnell aufeinander folgende Kolbenstöße wird dann die Luft im Innern der Kreiselbüchse verdünnt und der Hahn *s* schnell geschlossen. Der Kreisel rotiert nun in einem stark verdünnten Raume, und man hat nach Abnahme des Schlauches genügend Zeit, um in aller Bequemlichkeit eine Anzahl Beobachtungen zu machen. Der erreichte Grad der Verdünnung wird durch ein auf dem Deckel *i* angebrachtes Manometer (Fig. 1, 3 u. 4) angezeigt. Die erreichbare Verminderung des Druckes soll 600 *mm* betragen. Sollte die Verdünnung im Laufe der Beobachtung nachlassen, so sind der Deckel und die Hähne mit Talg abzudichten. Nach der Beobachtung wird der Kreisel durch Umlegen des Hebels *n* arretiert (Fig. 5). Durch *n* wird die Platte *p* gehoben, die ihrerseits den Kreisel von seinem Hütchen abhebt.





Ein schwacher Punkt auch bei dieser Ausführungsform ist die schnelle Abnutzung von Pinne und Hütchen. Namentlich werden durch die schnelle Rotationsbewegung in das letztere leicht Löcher eingefressen. Dem Instrument ist daher eine Anzahl Ersatzhütchen und Ersatzpinnen beigegeben, die nach Abschrauben des Deckels der Büchse ohne Schwierigkeit an Stelle der beschädigten eingesetzt werden können.

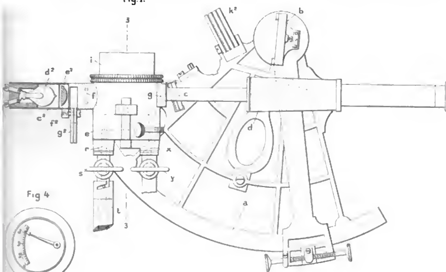
Weitere Verbesserungen des Instruments bestehen darin, daß die Beleuchtung durch ein elektrisches Lämpchen d^3 (Fig. 1) statt des früher gebräuchlichen unbequemen und schlecht brennenden Öllämpchens erfolgt. Zweitens sind die Kollimatorstriche nicht mehr dunkel auf hellem Grund wie früher, sondern hell auf dunkelm Grund. Dies wird dadurch erreicht, daß auf der Platte *m* (Fig. 3), die mit einer schwarzen Schicht abgedeckt ist, möglichst dünne Striche mittels einer feinen Nadel eingerissen sind. Die Helligkeit der Striche kann durch einschiebbare Blenden g^2 (Fig. 1) passend geändert werden. Das Fenster *f* ist durch eine Mattscheibe luftdicht verschlossen, sodaß die Strichplatte *m* nur durch zerstreutes Licht erhellt wird. Die von den Strichen ausgehenden Strahlen werden durch die Linse *l* (Fig. 3) parallel gemacht und gelangen durch das mit einem planparallelen Glase luftdicht abgeschlossene Fenster *g* (Fig. 1) in das Fernrohr *d* (Fig. 1 u. 2).

Um die Ermüdung des Armes zu verhindern, ruhen das Instrument und der Arm des Beobachters auf Stützen, die an einem Leibgurt befestigt sind.

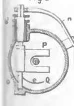
Die mit dem neuen Instrument angestellten Versuche haben sowohl am Lande wie an Bord befriedigende Resultate gegeben. Mit Ausnahme des öfters auszuwechselnden Hütchens hat sich das Instrument für den Bordgebrauch hinreichend widerstandsfähig gezeigt. In

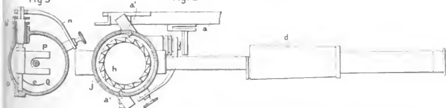
bezug auf Genauigkeit ist gegenüber den alten Instrumenten jedoch nichts gewonnen worden, und es haben sich systematische Fehler gezeigt, die von einer Ingangsetzung zur andern und von einem Tage zum andern veränderlich waren, und deren Grund vermutlich in der Abnutzung des Hütchens gesucht werden muß. Sie sind indessen für den Gebrauch des Instruments an Bord ohne Bedeutung, da sie niemals über 2′ hinausgegangen sind.

An Stelle der früher gebräuchlichen Beobachtung an den Umkehrpunkten des Gestirnsbildes empfiehlt der Verf. ein von Claude angegebenes Verfahren. Es sollen rund 30 bis 40 Einstellungen schnell hinter einander (etwa 10 in der Minute) gemacht und dann sollen









die Beobachtungen auf Koordinatenpapier aufgetragen werden, wobei die Zeiten als Abszissen und die beobachteten Höhen als Ordinaten genommen werden. Dadurch wird im allgemeinen eine wellenförmige Kurve entstehen, deren Amplitude mit der Abnahme der Präzessionsbewegungen des Kreisels ebenfalls abnimmt. Durch diese Wellenlinie soll dann eine ausgleichende Gerade gelegt werden, an der man die zu einer bestimmten Zeit gehörige Höhe ablesen kann. Da die Beobachtungen wenigstens drei oder vier Minuten lang fortgesetzt werden müssen, so erscheint dem Ref. dieses Beobachtungsverfahren für den Bordgebrauch etwas kompliziert.

An der beobachteten Höhe ist bekanntlich noch eine Korrektion wegen der Bewegung der Erde anzubringen. Diese Korrektion ist

$$i = \frac{P}{25} \cdot \cos \varphi \cdot \cos Az,$$

wo P die halbe Dauer einer Präzessionsdrehung bedeutet. Der Verf. weist nach, daß sich P hinreichend genau bestimmen läßt aus der halben Dauer P_0, die die Präzessionsdrehung vor Beginn der Beobachtung hatte, der seitdem verflossenen Zeit und dem Grade der Verdünnung. Die Größe P_0 wird vor der Höhenbestimmung durch Beobachtung der Umkehrpunkte der Horizontalfäden bestimmt oder aus der Wellenlinie, die die Aufzeichnung der Beobachtungen ergeben hat, entnommen. Den Grad der Verdünnung zeigt das Manometer an.

Die Abhängigkeit der Zahl P von diesen Größen ist etwas kompliziert, doch stört dies nicht beim praktischen Gebrauch, da der Verf. zeigt, wie für jeden Kreisel vor der Anbordgabe ein Abakus hergestellt werden kann, woraus sich P in sehr bequemer Weise entnehmen läßt. Die auf diese Weise gefundene Korrektion wegen der Erddrehung kann höchstens um ungefähr 1' fehlerhaft werden.

Zum Schluß teilt Verf. die Ergebnisse einiger Beobachtungen eines Anfängers mit, der zum ersten Mal mit dem Instrument beobachtete, und die in der Tat recht befriedigende Resultate gegeben haben, indem der größte vorkommende Fehler nur 1,9' beträgt.

Außer der schon erwähnten Beobachtungsmethode, die etwas umständlich erscheint, liegt ein weiterer Übelstand des Instruments in der Schwierigkeit, die Indexverbesserung zu bestimmen. Es ist dies an Bord nur dadurch möglich, daß man ein Objekt von bekannter Höhe einstellt. Als solches kommt erstens der Meereshorizont in Betracht, der aber infolge der Veränderlichkeit der Kimmtiefe nur eine sehr unsichere Bestimmung gestattet; zweitens kulminierende Sterne, wenn die Breite des Beobachtungsortes bekannt ist. Dies schließt aber eine Kontrolle der Indexverbesserung unterwegs in See, wo die Breite ja erst bestimmt werden soll, aus.

Immerhin wäre es interessant, diese neue Form des Gyroskop-Kollimators, die nach brieflicher Mitteilung des Verf. sich bereits im Frontdienst der französischen Marine bewährt haben soll, auch in Deutschland einer praktischen Prüfung an Bord eines seegehenden Schiffes zu unterziehen. *E. Kohlschütter.*

Neue Libelle, Patent Reiß-Zwicky.

Eine neue Anordnung der Justierung der Röhrenlibellen an geodätischen Instrumenten, erfunden von Prof. F. Zwicky am Technikum in Winterthur, ausgeführt von der mechanischen Werkstatt von R. Reiß in Liebenwerda (D.R.P. 160696; auch in andern Staaten patentiert) wird sicher rasch ein weites Feld der Anwendung finden und ist deshalb hier mit einigen Worten zu beschreiben.

Die Neuerung besteht kurz in folgendem. Denken wir uns eine *Setzlibelle*, sei es eine *Tischlibelle* oder *Achsenlibelle* (als Reitlibelle oder Hängelibelle) oder eine *Schnur-Hängelibelle* u. s. f. Bei den bisherigen Anordnungen war die Libellenteilung auf der Libellenröhre, über dem Ausschleifungsbogen angebracht und deshalb die Benutzungslinie der Setzlibelle (Linie der Fassung, in der die Libelle auf die horizontal zu legende Ebene oder Achse gesetzt oder an diese angehängt wird) gegen die Libellenachse (Tangente an dem Ausschleifungsbogen im Spielpunkt oder Hauptpunkt, d. h. Mittelpunkt der festen Libellenteilung) mit Hülfe der Korrektionsvorrichtung an der Fassung verschiebbar eingerichtet. Diese Korrektionsvorrichtung erhielt dabei die verschiedensten Formen, in der Regel waren es Zug- und Druckschrauben oder Zugschraube und Druckfeder. (Manche neuern Anordnungen, z. B. die Tesdorpfsche für Reitlibellen auf Achsen, nämlich zwei Paare von Richtschräubchen unten an den Stützen der Libelle, sodaß beim Aufsetzen der Libelle die Schraubenenden unmittelbar gegen die Achse zu liegen kommen, sind zwar „spannungsfrei", haben aber andere Bedenken gegen sich und deshalb mit Recht nur geringe Verbreitung gefunden.) Bei der neuen Zwicky-Reißschen Anordnung dagegen ist die Lage der Benutzungslinie einer solchen Setzlibelle gegen das Libellenrohr und gegen seine Metallumhüllung einschließlich der Füße nicht verschiebbar und dafür die Libellenskale vom Libellenrohr ganz getrennt, nämlich in Form eines dünnen, senkrecht stehenden Metallplättchens an einem besondern (lose gelagerten und damit „spannungsfreien") dünnen Steg

über dem Ausschleifungsbogen des Libellenglases angebracht, und zwar nun selbstverständlich an diesem Stegdraht durch ein Bewegungsschräubchen, das hier die Korrektionsschraube vorstellt, horizontal verschiebbar. Das Libellen-Glasrohr trägt also keine Teilung mehr, vielmehr nur noch einen einzigen Index, an dem die Verschiebung der Skale genau beobachtet werden kann. Es kann damit, innerhalb gewisser Grenzen, ein beliebiger Punkt des Ausschleifungsbogens der Libelle zum Spielpunkt gemacht werden, während bei allen bisherigen Anordnungen dieser Hauptpunkt ein fixierter Punkt des Ausschleifungsbogens war. Die frühern Justiervorrichtungen stellten den Winkel Null zwischen Achse der Setzlibelle (Tangente im festen Hauptpunkt) und ihrer Benutzungslinie durch Verschiebung der ganzen Libelle in ihrer Fassung her; die Zwicky-Reißsche Einrichtung dagegen durch Aufsuchung des Punkts des Libellenschliffs, in dem die Tangente parallel zur Benutzungslinie ist, und Verlegung des Hauptpunkts der Libellenteilung dorthin.



Die beistehende Abbildung zeigt die neue Einrichtung. Schraubenzieher oder Justierstift und der mit ihnen ausgeübte Druck fallen weg; nach dem Umsetzen der hier gezeichneten Setzlibelle (oder, bei einer festen Alhidadenlibelle, nach dem Umdrehen der Alhidade um 180°) wird der halbe Ausschlag durch Verschiebung der Libellenteilung mit Hülfe des rechts sichtbaren Bewegungsschräubchens weggebracht. Daß diese Korrektion *rascher* und *sicherer* gemacht werden kann als bei den ältern Justiervorrichtungen und besonders auch *bessere Dauer* verspricht, ist einleuchtend. Manche der ältern Korrektionskonstruktionen bringen, z. B. durch nachträgliches Anziehen von Fixierschrauben, leicht wechselnde Spannungen in die Libellenmaterialien hinein, die vielfach die Justierung einer Libelle nur zur augenblicklich gelungenen machen, während sich bald wieder ein Fehler einstellt.

Sicher bezeichnet der Verfertiger mit einigem Recht seine Libelle als Libelle der Zukunft. Das Prinzip: Trennung der Libellenteilung von dem Libellenrohr und Verlegung des Spielpunkts statt Verlegung des ganzen Libellenrohrs ist auch noch weiterer konstruktiver Vervollkommnung fähig, worüber hoffentlich an dieser Stelle demnächst referiert werden kann.

Hammer.

Die freischwebenden Präzisionspantographen.

Von G. Coradi. Lex. 8°. 17 S. Zürich 1905.

Der Ref. möchte diese kurze Beschreibung und Anleitung zum Gebrauch der Hängepantographen von Coradi hier nicht ohne Anzeige lassen. Allen modernen photographischen Reproduktionsverfahren zum Trotz behaupten sich diese ausgezeichneten Mittel zur Herstellung von dem Original ähnlichen Verkleinerungen (und Vergrößerungen) von Linearzeichnungen, besonders von Plänen aller Art; das *genaue* Maßstabsverhältnis von Kopie zu Original ist bei ihrer, wenn auch etwas mühsamern Anwendung besser verbürgt als bei allen photographischen Verfahren. Die Genauigkeitsanforderung hat Coradi derart festgesetzt, daß auf der Kopie in keiner Richtung ein größerer linearer Fehler als 0,1 *mm* vorhanden sein darf, sodaß die Instrumente den Namen Präzisionspantographen in der Tat verdienen.

Vor 40 Jahren hat zuerst Goldschmid in Zürich einen aufgehängten, statt auf Rollen gehenden Pantographen gebaut, und Coradi, der noch bei Goldschmid tätig war, hat seit Gründung seines Geschäfts (1880) die Instrumente unablässig verbessert. Man braucht nur die Abbildungen aus dem Jahr 1881 mit den jetzigen zu vergleichen. Welchen Anklang diese Reduktions- und Kopierhülfsmittel gefunden haben, zeigt die Zahl der verkauften Exemplare, 1600 Stück.

Die Hängepantographen werden gegenwärtig in fünf Sorten angefertigt, von denen I bis IV Metallschienen, V Holzschienen haben; ferner sind bei I bis III feine Teilungen auf den Stäben aufgetragen, sodaß diese Pantographen (bei II und III innerhalb bestimmter Grenzen) in jedem beliebigen Verhältnis zu verkleinern oder zu vergrößern gestatten, während bei IV und V die Stäbe nur für bestimmte Verhältnisse zu benutzende Löcher tragen, mit denen die Schienen zu verbinden und in die der Zeichenstift einzusetzen ist.

I ist das Universalinstrument zum Verkleinern und Vergrößern in allen Maßstabverhältnissen (einschl. des Kopierens in 1 : 1), bei II und III ist das Verkleinerungs- oder Vergrößerungsverhältnis auf alle Zahlen zwischen $^4/_5$ bis $^1/_{20}$ ($^5/_4$ bis 20) beschränkt, während IV und V für 14 verschiedene bestimmte Verhältnisse zwischen $^4/_5$ und $^1/_{20}$ ($^5/_4$ und 20) gebraucht werden können.

Über eine Verbesserung am Gestell der Pantographen bei starker Verkleinerung ($^1/_5$ bis $^1/_{20}$), wo bei der gewöhnlichen Anordnung der Pol oder das ganze Gestell, an dem der Pantograph aufgehängt ist, auf das die verkleinerte Kopie aufnehmende Zeichenblatt zu stehen kommt, den „freischwebenden Fuß“ oder besser Pol (der hier 5 *mm* über der Tischfläche liegt und von der Tischkante etwa 40 *cm* in die Tischfläche hereinreicht, sodaß das Kopieblatt bequem unter dem Pol verschoben werden kann), ist schon in *dieser Zeitschr.* ***24.*** *S. 244. 1904* berichtet worden.

Auch Spiegelbildpantographen, in der Lithographie und überhaupt in den graphischen Künsten gebraucht, werden in der Form der freischwebenden Präzisionspantographen von Coradi gebaut; doch enthält die vorliegende von Coradi zu beziehende Schrift nichts Näheres hierüber. *Hammer.*

Eine optische Methode zur direkten Messung des Mitschwingens bei Pendelbeobachtungen.

Von K. R. Koch. *Festschrift, A. Wüllner gewidmet zum 70. Geburtstage. Leipzig 1905. S. 147—161.*

Die vom Verf. benutzte Methode ist nicht neu, sondern bereits in gleicher Weise von G. Defforges zur Bestimmung des Mitschwingens angewandt (*Verhandl. d. zu Nizza abgehalt. Konf. d. permanenten Kommission d. Intern. Erdmessg., Berlin 1888, Annexe* V^e, *S. 3—7*: weitere Literatur in *Enzyklop. d. Math. Wiss. Bd. IV, Artikel 7*). Es werden zwei parallele Glasplatten benutzt, von denen die eine mit dem Pendelstativkopf verbunden ist, während die andere so aufgestellt wird, daß sie durch die Stativbewegung nicht beeinflußt wird. Die durch homogenes Licht zwischen den beiden Platten erzeugten Interferenzstreifen verschieben sich dann, wenn sich das Stativ und mit ihm die daran befestigte Glasplatte bewegen, und gestatten dadurch eine direkte Messung des Stativausschlags. Hingewiesen sei auf das *S. 151* angegebene praktische Verfahren zur Parallelstellung der beiden Glasplatten.

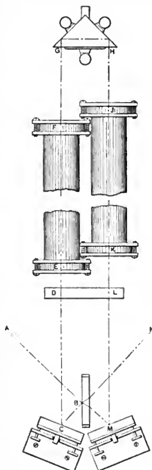
Die erhaltenen Resultate sind nicht besonders genau, sodaß die angegebene Methode kaum anderen (z. B. der Benutzung eines zweiten Pendels) vorzuziehen sein dürfte. Aus der gemessenen Stativbewegung läßt sich leicht ihr Einfluß auf die Schwingungsdauer des Pendels ermitteln. Ist nämlich σ die einseitige Maximalverschiebung des Stativkopfes bei der Pendelamplitude α, so gilt $\delta l = \sigma/\alpha$, wenn man mit δl die durch die Instabilität des Stativs verursachte Änderung der Pendellänge bezeichnet; da es sich in unserem Falle um Halbsekundenpendel handelt, kann man die entsprechende Änderung der Schwingungsdauer δT dem δl, wenn man in Meter und Sekunde rechnet, gleichsetzen. Der Verf. hat nun sein Verfahren dadurch geprüft, daß er direkt die Differenz der Schwingungsdauern eines Pendels für zwei Aufstellungen (Eckkonsole und Sterneck sches Stativ), von denen die erste als beinahe absolut fest gelten konnte, ermittelte; diese Differenz müßte dann übereinstimmen mit dem Werte σ/α, wenn man darin für σ den aus der Verschiebung der Interferenzstreifen abgeleiteten Wert des Stativausschlags einsetzt. Es ergibt sich aber auf dem letzten Wege ein zu großes Resultat (nicht ein zu kleines, wie Verf. angibt), nämlich bei dem Hauptversuch, bei dem eine einseitige Stativverschiebung von 74 $\mu\mu$ bei 16′ Pendelamplitude beobachtet wurde, $157 \cdot 10^{-7}$ Sek., während die direkt beobachtete Schwingungsdauerdifferenz $130 \cdot 10^{-7}$ Sek. beträgt. Es ist bei dieser Abweichung aber zu beachten, daß erstens die Zahl $130 \cdot 10^{-7}$ die *Differenz* der Mitschwingenskorrektionen für das Sterneck sche Stativ und die Eckkonsole ist, während die Zahl $157 \cdot 10^{-7}$ das *volle* Mitschwingen des Sterneck schen Stativs darstellt, und zweitens, daß diese letzte Zahl das Mittel von Werten ist, die etwa zwischen $125 \cdot 10^{-7}$ und $190 \cdot 10^{-7}$ Sek. liegen. Defforges hat aus entsprechenden Beobachtungen zu kleine Werte der Mitschwingenskorrektionen erhalten.

Ph. F.

Einfluß der Intensität auf die Lichtgeschwindigkeit.

Von Th. E. Doubt. *Phys. Rev.* **18.** *S. 129. 1904.*

Die Versuche von Lippich einerseits, von Ebert andrerseits, welche eine Unveränderlichkeit der Wellenlänge bis auf etwa $^1/_{10000000}$ nachgewiesen haben für Werte der Intensität, die zwischen den Grenzen 1 und 250 lagen, hat der Verf. wieder aufgenommen. Er benutzt die in der Figur skizzierte Versuchsanordnung, welche derjenigen ähnelt, die Michelson und Morley bei ihren Messungen über den Einfluß der Bewegung des Mediums auf die Lichtgeschwindigkeit verwendet haben. Das von A kommende Licht fällt bei B unter 45° auf eine halbdurchlässig versilberte Glasplatte. Der hier reflektierte Strahl gelangt über $CGHM$, der gebrochene über $MHGC$ wieder nach B, worauf beide nach N in das Beobachtungsfernrohr weitergehen. C und M sind auf den Vorderflächen versilberte, plane Glasplatten, GH ein rechtwinkliges Prisma, DL eine planparallele Glasplatte, EF und JK mit planparallelen Deckgläsern verschlossene und mit Flüssigkeiten zu füllende Messingröhren von etwa 4,5 *cm* Durchmesser und 200 *cm* Länge oder mehr. Die Entfernung CG beträgt 220 *cm* und mehr.



Bei geeigneter Justierung der einzelnen Teile erblickt man bei Beleuchtnng mit weißem Lichte im Fernrohr Interferenzstreifen, die nur wenig zittern. Mit Hülfe eines Fadenmikrometers läßt sich die Lage der zentralen Franse sicher bis auf $^1/_{30}$ des Streifenabstandes bestimmen. Nun ist DL an einer Stelle durchlässig versilbert. Bringt man diese durch Verschieben von DL z. B. nach D, so legt der bei B reflektierte Strahl den langen Weg $DGHMB$ sehr geschwächt zurück, während der gebrochene Strahl nur die kurze Strecke DCB geschwächt durchläuft. Beeinflußt die Intensität also die Wellenlänge, so entsteht eine Phasendifferenz, die eine Verschiebung der zentralen Franse zur Folge haben würde. Eine solche konnte aber nie konstatiert werden. Dabei wurden als DL Platten mit Silberschichten von verschiedener Durchlässigkeit benutzt. Auch war es gleichgültig, ob die Fransen vertikal, horizontal oder schräg standen.

Die Versuchsresultate sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Medium	Verhältnis der Intensitäten	Optische Weglänge	Noch meßbar gewesen wäre eine Änderung der Lichtgeschwindigkeit um
Luft	1 : 290000	460 *cm*	124 *cm/sek*
Luft	1 : 290000	1000	57
Wasser	1 : 250000	593	100
Wasser	1 : 43000	1289	42
Schwefelkohlenstoff . . .	1 : 43000	707	80

Da die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes $300 \cdot 10^8$ *cm/sek* beträgt, so sind 42 *cm/sek* nur $^1/_{710000000}$ der Geschwindigkeit.

Schck.

Ein Apparat zur absoluten Messung der elektrischen Leitfähigkeit der Luft.

Von H. Gerdien. *Göttinger Nachr. 1905. S. 240.*

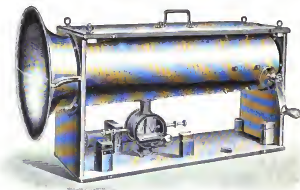
Saugt man durch einen Zylinderkondensator, dessen innere Elektrode mit einem Elektrometer verbunden und geladen ist, einen Luftstrom von der Geschwindigkeit G, so gilt für den Anteil der positiven Ionen an der spezifischen Leitfähigkeit

$$\lambda_p = \varepsilon \cdot n_p \cdot v_p = \frac{\lg V' - \lg V''}{t} \cdot C \frac{\lg\left(\frac{r_a}{r_i}\right)}{2\pi l}$$

und ein entsprechender Ausdruck für den Anteil der negativen Ionen, falls die Bedingung erfüllt ist

$$G > \frac{2\, v_{max} V' l}{\lg\left(\frac{r_a}{r_i}\right) \cdot (r_a^2 - r_i^2)} .$$

Darin bezeichnet ε die Ladung des Ions, n_p bezw. n_n die Zahlen der positiven bezw. negativen Ionen im Kubikzentimeter, v_p bezw. v_n die spezifischen Geschwindigkeiten der



positiven bezw. negativen Ionen in elektrostatischem Maß, V', V'' das Anfangs- bezw. Endpotential des geladenen Systems, t die Dauer der Aspiration in Sekunden, C die Kapazität des geladenen Systems, r_a bezw. r_i den Radius der äußeren bezw. inneren Elektrode des Zylinderkondensators, l die Länge der inneren Elektrode.

Die Leitfähigkeitsmessung ist also unabhängig von der Geschwindigkeit des Luftstromes, sofern nur diese eine gewisse untere Grenze überschreitet.

Bei der instrumentellen Durchführung[1]) der Methode wurde auf möglichste Abkürzung der Beobachtungszeit Bedacht genommen. In einem Rohre aus geschwärztem Magnaliumblech von 16 *cm* Durchmesser und 56 *cm* Länge (vgl. die Figur) wird durch einen vierflügeligen Fächer-Aspirator ein kräftiger Luftstrom erzeugt; der Aspirator ist am hinteren Ende des Rohres eingebaut und beansprucht für sich 16 *cm* der Rohrlänge. Der Antrieb erfolgt mittels einer außerhalb des Rohres befindlichen Kurbel, deren Welle die Rohrwand durchdringt und innen ein Schneckenrad mit 36 Zähnen trägt. Dieses greift in eine stählerne zweigängige Schraube ohne Ende ein, welche auf der Achse des Fächeraspirators sitzt; dieser macht also 18 Umdrehungen bei jeder Umdrehung der Kurbel. Der vordere Teil des Rohres ist von dem hinteren, in welchem der Aspirator arbeitet, durch eine Querwand aus

[1]) Der Apparat wird von der Firma Spindler & Hoyer in Göttingen zum Preise von 185 M. geliefert.

Drahtnetz von etwa 1 *mm* Maschenweite geschieden, die eine homogene Geschwindigkeitsverteilung im Zylinderkondensator bewirkt.

Das Rohr ist in einen leichten, festen Holzkasten ($20 \times 56 \times 33$ *cm*) eingebaut, dessen Seitenbretter herausnehmbar sind; die vordere und hintere Rohröffnung kann durch je einen in Scharnieren nach unten wegklappbaren Deckel verschlossen werden. Vor der Einströmungsöffnung des Rohres läßt sich zur Verhütung der Wirbelbildung ein schalltrichterartig von 30 *cm* bis auf 16 *cm* Durchmesser verjüngter, aus Messingblech gedrückter Vorsatz mittels Bajonettverschlusses befestigen; der Einströmungstrichter ist in einer Meridianebene aufgeschnitten und wird zum Transport im Innern des Kastens verpackt. Der vordere Teil des Rohres enthält die innere Elektrode aus geschwärztem Aluminiumrohr von 24 *cm* Länge und 1,44 *cm* Durchmesser; die Elektrode ist vorn und hinten mit abgerundeten Blechkappen verschlossen und wird in der Mitte von einer Stahlnadel von 2 *mm* Durchmesser getragen, die mit ihrem unteren Ende in dem Blättchenträger des Elektrometers befestigt werden kann. Das Elektrometer ist mit seinem Halse dicht in einen 2,5 *cm* weiten und langen Rohrstutzen eingepaßt, welcher mit dem 16 *cm* weiten Magnaliumrohre unten in der Mitte seines vorderen freien Teiles verschraubt ist; der Träger der inneren Elektrode tritt frei mit etwa 1 *mm* Spielraum durch eine Blechplatte hindurch in das Elektrometer ein, welche das untere Ende des Elektrometerhalses abschließt.

Wegen weiterer Einzelheiten, der Konstantenbestimmung, der Handhabung des Apparates und der bisher mit ihm erzielten Resultate muß auf die Originalabhandlung verwiesen werden. *H. Gerdien in Göttingen.*

Absolute Messung von Kapazitäten.

Von E. B. Rosa und F. W. Grover. *Bull. of the Bureau of Standards* **1.** *S. 153. 1905.*

Die Messungen wurden nach der Maxwell-J. J. Thomsonschen Methode ausgeführt (vgl. *diese Zeitschr.* **21.** *S. 112. 1901*). Fig. 1 zeigt das Schema dieser Methode; $a\,c\,d$ sind induktionslose Widerstände, b ist der Widerstand des Batteriezweiges, g der Widerstand des Galvanometerzweiges. Ein Kommutator P lädt und entlädt abwechselnd den Kondensator C, wenn er mit Q bezw. R in Berührung kommt. Werden die Widerstände so abgeglichen, daß das Galvanometer keinen Ausschlag zeigt, so wird C aus der Formel berechnet

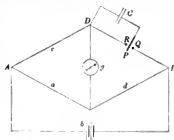


Fig. 1.

$$C = \frac{F a}{n c d},$$

wo n die Zahl der Ladungen in der Sekunde bedeutet und

$$F = \frac{1 - \dfrac{1}{\left(1 + \dfrac{b}{a} + \dfrac{d}{a}\right)\left(1 + \dfrac{c}{a} + \dfrac{g}{a}\right)}}{\left(1 + \dfrac{1}{\dfrac{c}{b}\left(1 + \dfrac{b}{a} + \dfrac{d}{a}\right)}\right)\left(1 + \dfrac{1}{\dfrac{d}{g}\left(1 + \dfrac{c}{a} + \dfrac{g}{a}\right)}\right)}$$

ist. Um F nahezu gleich 1 zu machen, hat man a klein, c und d relativ groß zu wählen.

Nun ist aber weiter zu bedenken, daß, wenn die Widerstände ungeschickt gewählt sind, die Kontaktdauer in Q nicht genügt, um den Kondensator voll aufzuladen. Die Elektrizitätsmenge, die in den Kondensator fließt ist zu klein, und die obige Formel liefert einen zu kleinen Wert

$$C_0 = C(1 - A),$$

wo sich das Korrektionsglied A berechnet aus

3*

$$A = e^{-\frac{t_1}{R_3 C}}$$

$$R_3 = b + \frac{c\,(a+g)}{c+a+g} \quad \text{(für großes } d\text{)},$$

und t_1 die Dauer der Ladung bedeutet.

Die Widerstände sind so zu wählen, daß der Faktor A vernachlässigt werden kann. Z. B. gehören folgende Werte zusammen:

$C = 1 \quad a = c = 100$ Ohm, $\quad d = 10000$ Ohm, $\quad t_1 = 0{,}002$ Sek.
$b = 20$ Ohm, $\quad g = 20$ Ohm, $\quad A = 2 \cdot 10^{-12}$.

Der Kommutator, der den Kondensator abwechselnd lädt und entlädt, sitzt auf einer rotierenden Achse. Die für die in Rede stehende Methode notwendigen Kontakte sind an einer Hartgummischeibe Z (Fig. 2a u. 2b) angebracht, die auf einer Stahlachse sitzt. Gleichzeitig trägt die Stahlachse noch zwei weitere Scheiben X und Y, die für diese Methode nicht notwendig wären; sie sind mit Kontakten für ein Sekohmmeter versehen. In den Rand der Scheibe Z sind zwei Metallringe h und k eingelassen, die miteinander metallisch verbunden sind, eine Bürste K schleift dauernd auf h. Auf h sind in gleichen Abständen vier metallische Wülste $a\,b\,a'\,b'$ aufgesetzt, ebenso auf k acht Wülste von geringerer Länge $c\,d\,e\,c'\,d'\,e'\,d''\,e''$; auf den ersteren schleifen die Bürsten CG, auf den letzteren die Bürsten DH. Es werden entweder die Bürsten CG oder DH benutzt, alle vier gleichzeitig niemals. Dabei sind je zwei in Betrieb befindliche Bürsten so eingestellt, daß, wenn eine Bürste einen Wulst berührt, die andere abgehoben ist. K ist mit dem Kondensator verbunden, während CG bezw. DH den Punkten RQ der Fig. 1 entsprechen. Bei Benutzung der Bürsten CG wird somit der Kondensator viermal, bei Benutzung von DH achtmal während einer Umdrehung des Kommutators geladen.

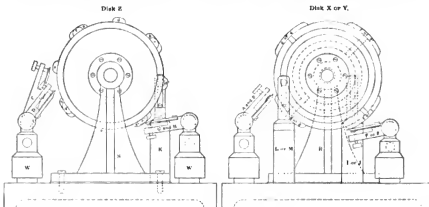


Fig. 2a.

Die Scheiben XY, die wie schon erwähnt ein Sekohmmeter bilden, tragen je vier voneinander isolierte Metallwülste $f\,g\,f'\,g'\,\ldots$; die Bürsten AE und BF schleifen gleichzeitig auf je zwei gegenüberliegenden Kontakten. Jede Scheibe besitzt außerdem zwei Metallringe TU, $T'U'$, von denen jeder mit je zwei diametral gegen einander versetzten Wülsten verbunden ist; auf den Ringen schleifen je zwei Bürsten IL und JM. X wird in den Batteriezweig eingeschaltet und dient dazu, Gleichstrom in Wechselstrom zu verwandeln; Y liegt im Brückenzweig und verwandelt einen im Brückenzweig fließenden Wechselstrom in Gleichstrom zurück, sodaß ein Galvanometer gebraucht werden kann. Das Sekohmmeter kann gute Dienste leisten beim *Vergleich* von Selbstinduktionen und Kapazitäten.

Sämtlichen Kontaktstücken ist die Form von Wülsten gegeben, um eine möglichst gute Isolation zu ermöglichen.

Am Ende der Achse ist eine Vorrichtung angebracht, um die Konstanz der Tourenzahlen kontrollieren zu können. Eine Glühlampe beleuchtet eine äqnidistante Lochreihe im Umfang der Scheibe P. Die Lampe wird durch ein Mikroskop betrachtet, dessen Objektiv an einer elektromagnetisch erregten Stimmgabel befestigt ist. Ist die Schwingungsdauer der Gabel ebensogroß wie die Zeit, in welcher der zu zwei aufeinander folgenden Löchern gehörige Zentriwinkel zurückgelegt wird, so scheint der Faden der Lampe still zu stehen. Eine Schnecke q greift in ein mit einem schneidenförmigen Kontaktstück versehenes Zahnrad ein; hierdurch wird auf einem Chronographen jedesmal die fünfzigste Umdrehung des Kommutators registriert.

Die soeben beschriebene stroboskopische Methode zum Konstanthalten der Tourenzahl ist bei den definitiven Messungen nicht angewandt worden. Es zeigte sich nämlich, daß die

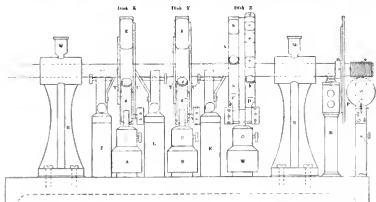


Fig. 2b.

Methode der Kapazitätsmessung selbst genügte, um mit großer Genauigkeit die Tourenzahl konstant zu halten. Die geringsten Tourenschwankungen machen sich nämlich durch Galvanometerablenkungen bemerklich. Es genügt daher, den Nebenschluß des antreibenden Gleichstrommotors so zu regulieren, daß das Galvanometer dauernd den Ausschlag Null zeigt.

Die folgende Tabelle gibt Resultate, die an einem Glimmer-Kondensator von Siemens & Halske erhalten wurden.

Sollwert	F	n	$C_1 = \frac{Fa}{ncd}$	C
0,2	0,99884	99,980	0,200958	0,200921
0,1	0,99942	100,073	0,100465	0,100428
0,5	0,99711	100,035	0,503593	0,503556

Von C_1 ist noch die Kapazität der Schaltung $c = 0,000037$ abzuziehen, die ebenso wie C_1 gemessen wird, nachdem der zu messende Kondensator aus der Schaltung entfernt ist.

Bei mehreren Reihen wurden Resultate erhalten, deren Mittel von den Einzelwerten im Maximum 0,0001 bis 0,0003 abwichen. Eine gewisse Unsicherheit in den Resultaten ist auf den relativ großen Temperaturkoeffizienten (0,0002 pro Grad) des Kondensators zu schieben. Zum Schluß werden auch einige Messungen an Luftkondensatoren mitgeteilt. *E. O.*

Neu erschienene Bücher.

Franz Schmidt & Haensch, Optisch-mechanische Werkstätten, Berlin. Katalog III: Photometrische Apparate. September 1904.

Der Katalog gibt einen Überblick über die von der Firma gegenwärtig regelmäßig hergestellten photometrischen Apparate. Er beschränkt sich nicht auf eine kurze Aufzählung der Apparate mit Preisangaben, sondern liefert auch ausführliche Erläuterungen dazu. Deswegen sowie wegen der vorzüglichen Illustrationen ist er als ein wertvoller Beitrag zur Literatur über Photometrie zu begrüßen. Das 36 Seiten starke Heft zerfällt in vier Abschnitte: Einleitung, A. feststehende Photometer für weißes Licht, B. tragbare Photometer für weißes Licht, C. Spektralphotometer.

Die Einleitung beschäftigt sich zunächst mit den vier photometrischen Grundgrößen — Lichtmenge (Lichtstrom), Lichtstärke, Beleuchtung, Flächenhelle — und den entsprechenden Einheiten. Sodann werden die mittlere horizontale und mittlere räumliche Lichtstärke definiert sowie Methoden zur Bestimmung derselben angegeben. Schließlich sind noch einige Übungsaufgaben besprochen.

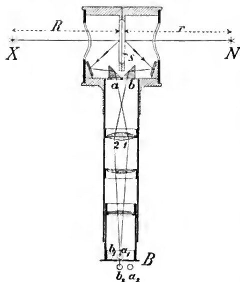


Fig. 1.

Im Abschnitt A. werden nach einer Erläuterung des Prinzips des Gleichheits- und Kontrastwürfels nach Lummer und Brodhun die Photometer dieser beiden Physiker nebst den von der Firma dazu gelieferten Hülfsvorrichtungen beschrieben. Die letzteren, welche für das Photometrieren von Lichtquellen unter verschiedenen Ausstrahlungswinkeln gegen die Vertikale nach der Hartleyschen Methode benutzt werden, bestehen aus einem Gradbogen, einer Schattenwerfvorrichtung und einer am Okular vorschlagbaren Konkavlinse. Die innere Konstruktion ist in bezug auf die Umdrehungsachse des Gehäuses vollkommen symmetrisch. Das Okularrohr ist entweder unter einem Winkel von 45° gegen diese Achse geneigt oder parallel zu der letzteren angeordnet. Hieran schließt sich eine Beschreibung des Photometeraufsatzes von Martens; sodann werden mehrere Photometerbänke vorgeführt, von denen die große nach dem Vorgange der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt mit einer größeren Anzahl von Schirmen zum Abblenden fremden Lichtes ausgestattet ist. Hierauf folgt eine Zusammenstellung von Zwischenlichtquellen nebst Zubehör (z. B. Hefnerlampe, elektrische Glühlampe, Experimentiergasmesser). Am Schlusse des Abschnittes werden Hülfsapparate zur Messung der mittleren horizontalen und räumlichen Lichtstärke beschrieben.

Der Abschnitt B. behandelt nacheinander das Webersche Milchglasphotometer mit seinen vielfachen Modifikationen, das Brodhunsche Straßenphotometer, die dazu gehörige Sektorenvorrichtung mit feststehendem Sektor und rotierendem Lichtbündel und schließlich mehrere Martenssche Photometer, nämlich das Polarisationsphotometer, das hieraus weiter gebildete Universalphotometer für weißes Licht, den Beleuchtungsmesser und den Apparat zur Messung der Schwärzung photographischer Platten.

Der Abschnitt C. enthält das Königsche Spektralphotometer in der Neukonstruktion von Martens nebst zugehörigen Beleuchtungsvorrichtungen, ferner das Lummer-Brodhunsche Spektralphotometer mit den von Lummer und Pringsheim angegebenen Abänderungen, sodann das Bracesche Spektralphotometer und schließlich die für diese Apparate erforderlichen Lichtquellen.

Da die Apparate von Martens in dieser Zeitschrift bisher noch nicht beschrieben sind, dürfte eine kurze Mitteilung am Platze sein.

Photometeraufsatz. Die beiden Lichtquellen X und N (Fig. 1) beleuchten den Gipsschirm s. Das diffuse, von s ausgehende Licht wird mittels zweier Spiegel und zweier Reflexionsprismen durch die beiden Öffnungen a und b ins Photometer geworfen. Diese Strahlen durchlaufen dann nacheinander eine Objektivlinse, ein daran angekittetes Zwillingsprisma mit den Hälften 1 und 2, die beiden Linsen eines Ramsdenschen Okulars und gelangen endlich zur Blende B mit enger zentrischer Öffnung. Die Öffnungen a und b werden mittels der durch 1 gehenden Strahlen in a_1 und b_1, mittels der durch 2 gehenden Strahlen in a_2 und b_2 in der Ebene von B abgebildet. B läßt nur das Licht der aufeinander fallenden Bilder a_1 und b_2 hindurch, während die Bilder a_2 und b_1 abgeblendet werden. Der Beobachter, welcher durch die Blendenöffnung hindurch mittels des Okulars auf die Grenze der beiden Felder 1 und 2 blickt, sieht also, wie der Strahlengang zeigt, das Feld 1 bezw. 2 durch Licht beleuchtet, welches von a bezw. b ausgegangen ist, also von X bezw. N herrührt. Durch Abstandsänderung wird auf gleiche Helligkeit der beiden Vergleichsfelder eingestellt.

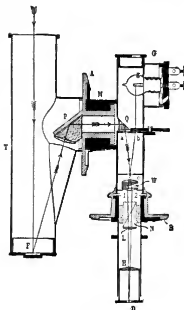


Fig. 2.

Beleuchtungsmesser. Eine Benzinlampe von 20 *mm* Flammenhöhe beleuchtet mittels zweier Spiegel und eines Reflexionsprismas eine Milchglasplatte, welche sich vor der einen Öffnung des eben beschriebenen Gleichheitsphotometers befindet. Ein Gipsschirm wird in die Ebene gebracht, deren Beleuchtung man messen will, und sendet durch die andere Öffnung Strahlen ins Photometer. Die photometrische Einstellung wird durch Verschieben der beiden Spiegel ausgeführt. An einer Teilung kann die auf dem Gipsschirm herrschende Beleuchtung abgelesen werden. Eine mit Rauchgläsern versehene Revolverscheibe dient zur Erweiterung des Meßbereiches. Nach Hinzufügung einer Milchglasscheibe und eines Spiegels läßt sich der Apparat auch zu Lichtstärkemessungen benutzen.

Universalphotometer für weißes Licht. Fig. 2 zeigt die optische Einrichtung. Der mittlere, um eine vertikale Säule drehbare Teil M trägt rechts das Gehäuse G für die elektrische Vergleichslampe g sowie das mit einem Teilkreise B versehene eigentliche Polarisationsphotometer, links den um die Achse von M drehbaren, mit dem Teilkreise A und dem Reflexionsprisma P versehenen Tubus T. Das Polarisationsphotometer ist eine Weiterbildung des in Fig. 1 gezeichneten Gleichheitsphotometers, indem in letzteres noch ein Wollastonsches Prisma W aus Kalkspat und ein Analysatornicol N eingeführt ist. Bei Lichtstärkemessungen wird T bei F durch einen Gipsschirm geschlossen. Die von F ausgehenden Strahlen gelangen nach Reflexion in P und Q durch die eine Öffnung a ins Polarisationsphotometer. Die andere Öffnung b ist mit einem von g beleuchteten Milchglase bedeckt.

Von *a* und *b* werden hier ebenso wie beim Königschen Spektralphotometer je vier Bilder in der Ebene der Blende *D* erzeugt. In der zentralen Öffnung von *D* fällt wieder ein Bild von *a* mit einem Bilde von *b* zusammen. Das Licht dieser beiden Bilder ist senkrecht zueinander polarisiert und kommt von den beiden Hälften *1* und *2* des Zwillingsprismas her. Der Beobachter sieht also *1* bezw. *2* durch Licht beleuchtet, das durch *b* bezw. *a* eingetreten ist, und stellt durch meßbare Drehung von *N* auf gleiche Helligkeit von *1* und *2* ein.

Für Beleuchtungsmessungen wird der Gipsschirm durch Milchglas ersetzt. Entfernt man den Gipsschirm, so kann man die Flächenhelle einer Fläche, z. B. eines Projektionsschirmes, finden, welcher auf dem Wege *FPQ* Licht ins Photometer sendet.

Mittels des Polarisationsphotometers läßt sich auch teilweise geradlinig polarisiertes Licht, wie es z. B. vom Himmelsgewölbe ausgesandt wird, in bezug auf Richtung und Größe der Polarisation untersuchen. Ferner gibt Martens noch eine Anordnung an, welche mit Hülfe dieses Photometers die Schwärzung photographischer Platten zu bestimmen gestattet.

E. Lh.

J. M. Eder, Ausführliches Handbuch der Photographie. 3., gänzlich umgearb. Aufl. gr. 8°. Mit üb. 2000 Abbildgn. u. zahlreichen Taf. Halle, W. Knapp.

I. Bd., 1. Tl. Geschichte der Photographie. XVI, 484 S. m. 148 Abbildgn. u. 12 Taf. 12 M.

A. Föppl, Vorlesungen üb. technische Mechanik. 8°. Leipzig, B. G. Teubner.

1. Bd. Einführg. in die Mechanik. 3. Aufl. XVI, 428 S. m. 103 Fig. im Text. 1905. Geb. in Leinw. 10 M. — 3. Bd. Festigkeitslehre. 3. Aufl. XVI, 434 S. m. 83 Fig. im Text. 1905. Geb. in Leinw. 12 M.

A. F. Holleman, Lehrbuch der Chemie. Deutsche Ausg. Organischer Teil. Für Studierende an Universitäten u. techn. Hochschulen. 4., verb. Aufl. gr. 8°. X, 490 S. m. Abbildgn. Leipzig, Veit & Co. 1905. Geb. in Leinw. 10 M.

G. Scheffers, Lehrbuch der Mathematik f. Studierende der Naturwissenschaften u. der Technik. Einführg. in die Differential- u. Integralrechng. u. in die analyt. Geometrie. gr. 8°. VIII, 682 S. Leipzig, Veit & Co. 1905. 16 M.; geb. in Leinw. 17,50 M.

W. Volkmann, Der Aufbau physikalischer Apparate aus selbständigen Apparatenteilen (Physikalischer Baukasten). 8°. VIII, 98 S. m. 110 Fig. Berlin, J. Springer 1905. 2 M.

Notiz.

Im Anschluß an die Besprechung der Arbeit von Kriloff „Über das Beilschneidenplanimeter" in *dieser Zeitschr.* **25.** *S. 347. 1905* ist der Redaktion die nachstehende Notiz zugegangen:

Die elementare Theorie meines Planimeters läßt den wesentlichen Umstand außer acht, daß dem Schwerpunkt der zu messenden Fläche eine gewisse Bedeutung zukommt; deshalb habe ich auch eine geometrische Ableitung zugunsten der analytischen aufgegeben in der Hoffnung, daß der Praktiker dem Ergebnis des Theoretikers vertrauen würde. In meinem kleinen mathematischen Lehrbuch „*Om Tal og Linier*" (Über Zahlen und Linien), III. Teil, Kopenhagen 1904, § 186, habe ich die analytische Untersuchung etwas weiter geführt als früher, um zu zeigen, wie der Fehler innerhalb etwa $^{1}/_{2}$ %$_0$ der Fläche gehalten werden kann.

Ich habe das Fabrikationsgeheimnis bei meinem Planimeter preisgegeben, um die Verfertiger der vielen „Verbesserungen" der ursprünglichen Form, die bekämpfen zu wollen ein vergebliches Bemühen sein dürfte, in den Stand zu setzen, diesen Vorteil ihren Benutzern zuteil werden zu lassen. Ich bin noch der Meinung, daß die ursprüngliche einfache Form am sichersten arbeitet, und habe dem Verfertiger in Kopenhagen, Cornelius Knudsen, nicht gestattet, sich auf die „Verbesserungen" einzulassen.

In dem genannten Buch, § 187, habe ich auch ein einfaches praktisches Verfahren angegeben zur direkten Ablesung der Mittel-Ordinate für eine gegebene Fläche.

Kopenhagen, den 3. Dezember 1905. *H. Prytz.*

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

XXVI. Jahrgang. **Februar 1906.** Zweites Heft.

Über die zweckmäfsigste Wahl der Strahlen gleicher Brennweite bei achromatischen Objektiven.

Von
Prof. Dr. **J. Wilsing** in Potsdam.

Die achromatischen Systeme sind aus mindestens zwei Linsen, die aus verschiedenen Glassorten bestehen müssen, zusammengesetzt, und zwar kann man durch Kombination mehrerer Linsen so viele Strahlen des Spektrums in einem Punkte vereinigen, als das System Linsen hat. Der Rest der Farbenabweichungen, welcher bei einem aus zwei Linsen bestehenden System sekundäres Spektrum heißt, hängt außer von der Beschaffenheit der Gläser von der Wahl der zu vereinigenden Strahlen ab. Wenn das Objektiv zu Beobachtungen im optischen Teile des Spektrums dienen soll, kann man die Fraunhoferschen Linien C und F vereinigen, dagegen wird man für photographische Zwecke zwei im brechbareren Teile des Spektrums liegende Strahlen wählen. Durch die Vereinigung der beiden Strahlen in einem vorgeschriebenen Punkte der optischen Achse ist dann die Kurve der Brennweiten vollkommen bestimmt. Da es aber darauf ankommt, diese Kurve so zu wählen, daß der Betrag des Restspektrums möglichst klein wird, so kann die Frage gestellt werden, mit welcher Annäherung diese Bedingung durch die Wahl bestimmter Strahlen für einen begrenzten Teil des Spektrums erfüllt ist. Bei der Beantwortung beschränke ich mich auf den Fall eines aus zwei Linsen bestehenden Systems, dessen zur Wellenlänge λ gehörige Brennweite F_λ der bekannten Gleichung $\frac{1}{F_\lambda} = (n_1 - 1)\,A + (n_2 - 1)\,B$ genügt, wo A und B bei Vernachlässigung der Dicke der Linsen mit den Krümmungsradien derselben durch die Beziehungen $A = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}$ und $B = \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4}$ verbunden sind. Durch Differentiation folgt aus dieser Gleichung $dF_\lambda = -F_\lambda^2\,(A\,dn_1 + B\,dn_2)$ oder, wenn mit n_1^0 und n_2^0 die der Wellenlänge λ^0 entsprechenden Brechungsexponenten bezeichnet werden, $dF_\lambda = -F_{\lambda^0}^2[A\,(n_1 - n_1^0) + B\,(n_2 - n_2^0)]$. Wird nun die Forderung, daß die Unterschiede der Brennweiten innerhalb eines bestimmten Abschnitts des Spektrums möglichst klein werden sollen, durch die andere ersetzt, daß die Summe der Quadrate der Abweichungen der Brennweiten von einem mittleren Werte ein Minimum werden soll, so müssen die Konstanten A und B sowohl der Gleichung $\frac{1}{F_{\lambda^0}} = (n_1^0 - 1)\,A + (n_2^0 - 1)\,B$ genügen, als auch den Ausdruck $\sum_{\lambda'}^{\lambda''} dF^2$ zu einem Minimum machen.

Zunächst hat man den Brechungsexponenten in diesen Gleichungen durch die Wellenlänge auszudrücken. Von den verschiedenen Dispersionsformeln wähle ich die einfachste, die von Hrn. Hartmann[1]) in die Praxis eingeführte Cornusche Formel,

[1]) *Publ. d. Astrophys. Observ. z. Potsdam* **12.** *1902.*

nach welcher zwischen dem Brechungsexponenten und der Wellenlänge die Beziehung $n = a + \frac{c}{\lambda - l}$ besteht, wo a, c, l Konstanten sind. Setzt man die Werte von n_1 und n_2 in die Gleichung für F ein, so folgt

$$\frac{1}{F_\lambda} = \left(a_1 - 1 + \frac{c_1}{\lambda - l_1}\right) A + \left(a_2 - 1 + \frac{c_2}{\lambda - l_2}\right) B.$$

Im allgemeinen ist diese Gleichung nach λ quadratisch, sodaß sich die Brennweiten nur für zwei Werte von λ gleich machen lassen. Aber in dem besonderen Falle, daß $l_1 = l_2$ ist, kann die Bedingung $1/F_\lambda =$ konst. durch die Gleichungen

$$\frac{1}{F_\lambda} = (a_1 - 1) A + (a_2 - 1) B$$

$$c_1 A + c_2 B = 0$$

erfüllt werden, und es besteht dann vollkommene Achromasie für alle Werte von λ. Dieser Fall führt, wie leicht ersichtlich, auf die bekannte Bedingung, daß die durch die beiden Glassorten hervorgebrachten Zerstreuungen einander ähnlich sein müssen.

Substituiert man für die Brechungsexponenten ihre Werte in die Gleichung des Minimums

$$\varphi = F_0^4 \int_{\lambda'}^{\lambda''} d\lambda \, [(n_1 - n_1^0) A + (n_2 - n_2^0) B]^2,$$

so wird

$$\varphi = F_0^4 \int_{\lambda'}^{\lambda''} d\lambda \left[c_1 A \left(\frac{1}{\lambda - l_1} - \frac{1}{\lambda^0 - l_1}\right) + c_2 B \left(\frac{1}{\lambda - l_2} - \frac{1}{\lambda^0 - l_2}\right)\right]^2 \quad . \; . \quad 1)$$

Zu dieser Gleichung kommt noch die Bedingung, daß für die Wellenlänge λ^0 die Brennweite $F = F_0$ werden soll, also daß

$$\frac{1}{F_0} = (n_1^0 - 1) A + (n_2^0 - 1) B \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; 2)$$

wird. Damit φ ein Minimum wird, muß $\frac{d\varphi}{dA}$ verschwinden:

$$\frac{d\varphi}{dA} = 2 F_0^4 \int_{\lambda'}^{\lambda''} d\lambda \left[c_1 A \left(\frac{1}{\lambda - l_1} - \frac{1}{\lambda^0 - l_1}\right) + \right.$$

$$\left. c_2 B \left(\frac{1}{\lambda - l_2} - \frac{1}{\lambda^0 - l_2}\right)\right] \left[c_1 \left(\frac{1}{\lambda - l_1} - \frac{1}{\lambda^0 - l_1}\right) + c_2 \frac{dB}{dA} \left(\frac{1}{\lambda - l_2} - \frac{1}{\lambda^0 - l_2}\right)\right] = 0.$$

Setzt man für B und $\frac{dB}{dA}$ die Werte aus Gl. 2)

$$B = \frac{1}{(n_2^0 - 1) F_0} - \frac{n_1^0 - 1}{n_2^0 - 1} A \quad \text{und} \quad \frac{dB}{dA} = - \frac{n_1^0 - 1}{n_2^0 - 1},$$

so wird die vorstehende Gleichung nach einigen Umformungen

$$[c_1^2 (n_2^0 - 1)^2 p - 2 c_1 c_2 (n_1^0 - 1)(n_2^0 - 1) q + c_2^2 (n_1^0 - 1)^2 r] A +$$

$$\frac{c_2}{F_0} [c_1 (n_2^0 - 1) q - c_2 (n_1^0 - 1) r] = 0 \quad . \; . \; . \quad 3)$$

wenn mit p, q, r die folgenden Integrale bezeichnet werden:

$$p = \int_{\lambda'}^{\lambda''} \left(\frac{1}{\lambda - l_1} - \frac{1}{\lambda^0 - l_1}\right)^2 d\lambda \qquad q = \int_{\lambda'}^{\lambda''} \left(\frac{1}{\lambda - l_1} - \frac{1}{\lambda^0 - l_1}\right) \left(\frac{1}{\lambda - l_2} - \frac{1}{\lambda^0 - l_2}\right) d\lambda$$

$$r = \int_{\lambda'}^{\lambda''} \left(\frac{1}{\lambda - l_2} - \frac{1}{\lambda^0 - l_2}\right)^2 d\lambda,$$

und es ergiht sich für den Wert des Minimums selhst

$$\varphi = F_0^4 (c_1^2 A^2 p + 2 c_1 c_2 A B q + c_2^2 B^2 r).$$

In dem Falle, daß vollkommene Achromasie besteht, wird $l_1 = l_2$ und folglich auch $p = q = r = \varepsilon$. Da die Gleichung dann in $\varphi = F^4 \varepsilon (c_1 A + c_2 B)^2$ übergeht und dieser Ausdruck verschwindet, wenn $c_1 A + c_2 B = 0$ ist, so erhält man wieder die obige Bedingung.

Für p, q, r findet man die Ansdrücke

$$p = \frac{\lambda'' - \lambda'}{(\lambda^0 - l_1)^2} + \frac{\lambda'' - \lambda'}{(\lambda' - l_1)(\lambda'' - l_1)} - \frac{2}{\lambda^0 - l_1} \log \text{nat} \frac{\lambda'' - l_1}{\lambda' - l_1},$$

$$r = \frac{\lambda'' - \lambda'}{(\lambda^0 - l_2)^2} + \frac{\lambda'' - \lambda'}{(\lambda' - l_2)(\lambda'' - l_2)} - \frac{2}{\lambda^0 - l_2} \log \text{nat} \frac{\lambda'' - l_2}{\lambda' - l_2},$$

$$q = \frac{\lambda^0 - l_2}{(l_2 - l_1)(\lambda^0 - l_1)} \log \text{nat} \frac{\lambda'' - l_2}{\lambda' - l_2} - \frac{\lambda^0 - l_1}{(l_2 - l_1)(\lambda^0 - l_2)} \log \text{nat} \frac{\lambda'' - l_1}{\lambda' - l_1} + \frac{\lambda'' - \lambda'}{(\lambda^0 - l_1)(\lambda^0 - l_2)};$$

doch ist, wenn l_1 und l_2 wenig voneinander verschieden sind, der Ansdruck für q zur Berechnung unbequem, sodaß man denselben mit Benutzung der Beziehungen

$$\log \text{nat} (\lambda' - l_2) = \log \text{nat} (\lambda' - l_1) + \frac{l_1 - l_2}{\lambda' - l_1} - \frac{1}{2} \left(\frac{l_1 - l_2}{\lambda' - l_1}\right)^2 + \frac{1}{3} \left(\frac{l_1 - l_2}{\lambda' - l_1}\right)^3 - \ldots.$$

$$\log \text{nat} (\lambda'' - l_2) = \log \text{nat} (\lambda'' - l_1) + \frac{l_1 - l_2}{\lambda'' - l_1} - \frac{1}{2} \left(\frac{l_1 - l_2}{\lambda'' - l_1}\right)^2 + \frac{1}{3} \left(\frac{l_1 - l_2}{\lambda'' - l_1}\right)^3 - \ldots.$$

in den folgenden umformeu wird:

$$q = \frac{\lambda'' - \lambda'}{(\lambda^0 - l_1)(\lambda^0 - l_2)} - \frac{2 \lambda^0 - l_1 - l_2}{(\lambda^0 - l_1)(\lambda^0 - l_2)} \log \text{nat} \frac{\lambda'' - l_1}{\lambda' - l_1}$$
$$- \frac{\lambda^0 - l_2}{\lambda^0 - l_1} \left\{ \frac{1}{\lambda'' - l_1} \left(1 - \frac{1}{2} \frac{l_1 - l_2}{\lambda'' - l_1} + \ldots\right) - \frac{1}{\lambda' - l_1} \left(1 - \frac{1}{2} \frac{l_1 - l_2}{\lambda' - l_1} + \ldots\right) \right\}.$$

Als Kontroliformel kann die folgende Gleichung dienen:

$$p - 2 q + r = \int_{\lambda'}^{\lambda''} \left[\left(\frac{1}{\lambda - l_1} - \frac{1}{\lambda^0 - l_1}\right) - \left(\frac{1}{\lambda - l_2} - \frac{1}{\lambda^0 - l_2}\right) \right]^2 d\lambda = \frac{\lambda'' - \lambda'}{(\lambda' - l_1)(\lambda'' - l_1)}$$
$$+ \frac{\lambda'' - \lambda'}{(\lambda' - l_2)(\lambda'' - l_2)} + \frac{(\lambda'' - \lambda')(l_1 - l_2)^2}{(\lambda^0 - l_1)^2 (\lambda^0 - l_2)^2} - 2 \frac{l_1 - l_2}{(\lambda^0 - l_1)(\lambda^0 - l_2)} \log \text{nat} \frac{(\lambda'' - l_1)(\lambda' - l_2)}{(\lambda' - l_1)(\lambda'' - l_2)}$$
$$+ 2 \left\{ \frac{1}{\lambda'' - l_1} \left[1 - \frac{1}{2} \left(\frac{l_1 - l_2}{\lambda'' - l_1}\right) + \ldots\right] - \frac{1}{\lambda' - l_1} \left[1 - \frac{1}{2} \left(\frac{l_1 - l_2}{\lambda' - l_1}\right) + \ldots\right] \right\}.$$

Um die Anwendung dieser Formeln zn zeigen, hahe ich einige Beispiele gerechnet. Zunächst wählte ich eine Kombination zweier neuerer Jenenser Gläser aus dem von Hrn. **Hovestadt** in seinem Werke: „Jenaer Glas und seine Verwendung in Wissenschaft und Technik“ (*S. 28*) gegebenen Verzeichnis. Es ist die Kombination Nr. 3, S. 30, schweres Barium-Phosphat-Crown und Nr. 24, S. 8, Borat-Flint. Für die Brechungsexpouenten und Dispersionen sind die folgenden Werte angegehen:

			Mittlere Dispersion			
		n_D	C bis F	A' bis D	D bis F	F bis G'
Nr. 24	S. 8	1,5736	0,01129	0,00728	0,00795	0,00644
Nr. 3	S. 30	1,5760	0,00884	0,00570	0,00622	0,00500

Hiernach wurde für das Glas S. 8 die Formel $n = 1{,}54920 + \frac{[8{,}00935]}{\lambda - 0{,}17090}$ herechuet.

	λ	n	n (berechnet)
G'	0,4341 μ	1,5880	1,5880208
F	0,4862	1,5816	1,5816060
D	0,5893	1,5736	1,5736207
C	0,6563	1,5703	1,5702499
A'	0,7677	1,5663	1,5663207

Die in der dritten Spalte befindlichen Werte des Brechungsexponenten sind mit größerer Genauigkeit angegeben, da für die oben angegebenen Formeln 7-stellige Rechnung erforderlich ist.

Ebenso wurde die Formel

$$n = 1{,}55690 + \frac{[7{,}90505]}{\lambda - 0{,}16910}$$

für das Glas S. 30 abgeleitet, welche für die Brechungsexponenten die Zahlen in der dritten Spalte der folgenden Tabelle ergab:

	λ	n	n (berechnet)
G'	0,4341	1,5872	1,5872252
F	0,4862	1,5822	1,5822427
D	0,5893	1,5760	1,5760242
C	0,6563	1,5734	1,5733946
A'	0,7677	1,5703	1,5703250

Die Differenz $l_1 - l_2 = +0{,}0018$ ist so gering, daß das System nur ein sehr unbedeutendes sekundäres Spektrum besitzen kann und daß die Brennweite sehr beträchtlich sein muß, um die Abweichungen merklich werden zu lassen. Zur Bestimmung der Aufgabe ist noch die Festsetzung der Integrationsgrenzen erforderlich. Es möge $\lambda' = 0{,}4862\,\mu$, $\lambda'' = 0{,}7677\,\mu$ und die Brennweite $F_C = 20\,m$ sein. Die zur Berechnung der Integrale p, q, r und der Größen A und B erforderlichen Konstanten sind dann

$$l_1 = 0{,}17090 \quad c_1 = [8{,}00935] \quad \lambda^0 = 0{,}6563\,\mu \quad n_1{}^0 = 1{,}5702499$$
$$l_2 = 0{,}16910 \quad c_2 = [7{,}90505] \quad \lambda' = 0{,}4862\,\mu \quad n_2{}^0 = 1{,}5733946$$
$$\lambda'' = 0{,}7677\,\mu$$

und man erhält durch Substitution derselben in die obigen Formeln

$$p = +0{,}0617383 \quad r = +0{,}0606796 \quad q = +0{,}0612069$$
$$p + r - 2q = +0{,}0000041$$
$$\text{Kontrolle} = +0{,}0000046$$

und für die Größen A und B

$$\log A = 9{,}1801857\,n \qquad \log B = 9{,}2882278\,.$$

Berechnet man jetzt nach der Formel $\frac{1}{F} = (n_1 - 1)\,A + (n_2 - 1)\,B$ die Brennweite für verschiedene Wellenlängen, so erhält man für die Unterschiede $F - 20\,m$ die folgenden Zahlen:

	λ	ΔF		λ	ΔF
F	0,4862 μ	+ 1,1 *mm*		0,6214 μ	− 0,2 *mm*
	0,5214	+ 0,2	C	0,6563	0,0
	0,5514	− 0,1		0,7114	+ 0,4
D	0,5893	− 0,2	A'	0,7677	+ 0,9

Zur Vergleichung diene die Kurve, welche der Vereinigung von C und F entspricht. Die Ordinaten dieser Kurve sind

	λ	ΔF		λ	ΔF
F	0,4862 μ	0,0 mm		0,6214 μ	− 0,4 mm
	0,5214	− 0,5	C	0,6563	0,0
	0,5514	− 0,7		0,7114	+ 0,6
D	0,5893	− 0,6	A'	0,7677	+ 1,3

Dividiert man die Fläche, welche von der Kurve, der Abszissenachse und den beiden λ' und λ'' entsprechenden Ordinaten begrenzt wird, durch die Länge des Achsenstücks, so erhält man den mittleren Unterschied für das Stück des Spektrums von A bis F. Dieser mittlere Unterschied beträgt im Falle des Minimums 0,32 mm, während er, wenn C und F vereinigt werden, auf 0,53 mm anwächst. Doch entspricht die behandelte Aufgabe noch nicht ganz der in der Praxis vorgelegten, da hier die Einstellungsebene durch die für eine bestimmte Wellenlänge vorgeschriebene Brennweite festgelegt ist. Diese Beschränkung ist praktisch nicht erforderlich, vielmehr wird die Lage der Einstellungsebene so gewählt, daß die mittlere Entfernung der Schnittpunkte der Strahlen von derselben möglichst klein wird. Bleibt aber die Wellenlänge, der eine vorgeschriebene Brennweite entsprechen soll, innerhalb des betrachteten Teils des Spektrums der Bestimmung überlassen, so wird die Variation der bisher gegebenen Größe λ^0 erforderlich, und diese führt zu der in bezug auf A und B quadratischen Bedingungsgleichung $\frac{\partial \varphi}{\partial \lambda^0} = 0$, welche nach Elimination der Größen A und B mit Hülfe der Gleichungen 2) und 3) den Wert für λ^0 ergibt. Die Bestimmung von λ^0 soll indessen erst an dem folgenden Beispiele durchgeführt werden, da das sekundäre Spektrum hier so geringfügig ist, daß es bei enger Begrenzung des Spektralgebiets praktisch vernachlässigt werden kann.

Hr. **Hovestadt**, der für die Kombination der beiden Gläser S. 8 und S. 30 die Brennweitenunterschiede berechnet, wenn $F_D = 40\ m$ und $F_C = F_F$ ist, läßt sich durch die rechnerische Unsicherheit seiner Zahlen zu der irrtümlichen Annahme verleiten, daß durch dieses System drei Punkte zur Vereinigung gebracht würden, daß also ein tertiäres Spektrum vorliege.

Als zweites Beispiel habe ich eine Kombination zweier älterer Silikatgläser gewählt, und zwar die Gläser Nr. 36, O. 103, Silikat-Flint und Nr. 8, O. 60, Kalk-Silikat-Crown des obigen Verzeichnisses.

			Mittlere Dispersion			
		n_D	C bis F	A' bis D	D bis F	F bis G'
Nr. 36	O. 103	1,6202	0,01709	0,01034	0,01220	0,01041
Nr. 8	O. 60	1,5179	0,00860	0,00553	0,00605	0,00487

Die Dispersionsformel $n = 1{,}58809 + \frac{[8{,}08141]}{\lambda - 0{,}21368}$ für das Glas O. 103 gibt für die Brechungsexponenten die in der dritten Spalte der folgenden Tabelle angegebenen Zahlen:

	λ	n	n (berechnet)
G'	0,4341 μ	1,64281	1,6428116
F	0,4862	1,63240	1,6323501
D	0,5893	1,62020	1,6202014
C	0,6563	1,61531	1,6153408
A'	0,7677	1,60986	1,6098613

Für das zweite Glas O. 60 findet man $n = 1{,}49942 + \frac{[7{,}88791]}{\lambda - 0{,}17138}$ nnd die Werte n:

	λ	n	n (berechnet)
G'	0,4341 μ	1,52882	1,5288247
F	0,4862	1,52395	1,5239585
D	0,5893	1,51790	1,5179049
C	0,6563	1,51535	1,5153509
A'	0,7677	1,51237	1,5123748

Der Unterschied $l_1 - l_2 = +0{,}04230$ ist hier beträchtlich, sodaß das seknndäre Spektrum sehr merklich werden muß. Die Integrationsgrenzen sollen C und F und die Brennweite $F_{\lambda_0} = 20\ m$ sein.

Znnächst wären nun die Wurzeln der Gleichnng $\frac{\partial \varphi}{\partial \lambda^0} = 0$ zu berechnen. Da indessen der Ausdruck

$$\Delta F_0 = \sqrt{\frac{\varphi}{\lambda'' - \lambda'}},$$

wo

$$\varphi = F_0^4 [c_1^2 A^2 p + 2 c_1 c_2 A B q + c_2^2 B^2 r]$$

ist, das Minimum der mittleren Abweichung darstellt, welches dem Werte λ^0 entspricht, so kann man auch unmittelbar durch Variation von λ^0 das absolute Minimum dieses Ausdrucks aufsuchen. Aus der folgenden Reihe

λ^0	ΔF_0	λ^0	ΔF_0
0,4862 μ	5,45 mm	0,5700 μ	4,66 mm
0,5140	2,95	0,5894	3,85
0,5214	3,27	0,6100	3,10
0,5364	4,37	0,6214	3,53
0,5514	4,94	0,6563	4,86

ergeben sich nnn zwei Minima, welche sehr nahe bei den Werten 0,5140 μ nnd 0,6140 μ liegen. Für diese Argumente erhält man

$\log A = 8{,}7955113\,n$ $\log B = 9{,}0901115$ bezw. $\log A = 8{,}7952161\,n$ $\log B = 9{,}0899305$

nnd damit die in der zweiten und dritten Spalte der folgenden Znsammenstellung angegebenen Koordinaten der Brennpnnktsknrven, bezogen auf die Einstellnngsebene 20 m, während in der vierten Spalte die Koordinaten der Kurve stehen, welche der günstigsten Einstellnngsebene 19,9913 m entsprechen unter der Voraussetzung, daß C und F vereinigt werden:

λ	$\Delta F_{0,5140}$	$\Delta F_{0,6100}$	$\Delta_{C,F}$
0,4862 μ	+ 8,7 mm	+ 8,7 mm	+ 8,7 mm
0,5140	0,0	+ 0,1	+ 0,7
0,5214	− 1,3	− 1,2	− 0,5
0,5364	− 3,0	− 2,9	− 2,0
0,5514	− 3,7	− 3,6	− 2,5
0,5700	− 3,5	− 3,3	− 2,0
0,5893	− 2,3	− 2,1	− 0,5
0,6100	− 0,2	0,0	+ 1,8
0,6214	+ 1,2	+ 1,4	+ 3,3
0,6563	+ 6,3	+ 6,6	+ 8,7

Die drei Kurven sind nur unbedeutend voneinander verschieden, und es ergibt sich übereinstimmend 3 *mm* für den Betrag des mittleren Abstandes der Brennpunkte von der Einstellungsebene. Dieses Resultat läßt sich durch den folgenden Satz ausdrücken:

Wenn in dem betrachteten Systeme von Silikatgläsern die Achromasie durch Vereinigung der Strahlen C und F bergestellt wird, so wird die mittlere Abweichung der Strahlen in dem Gebiet von C bis F, auf die günstigste Einstellungsebene bezogen, praktisch ein Minimum, d. h. es kann durch keine andere Verbindung zweier Strahlen eine gleich gute mittlere Vereinigung in dem betreffenden Gebiete erreicht werden. Man wird diesen Satz auch für andere aus ähnlichen Gläsern zusammengesetzte Systeme und für andere Spektralgebiete gelten lassen dürfen.

Auch bei geringer Ausdehnung des zu berücksichtigenden Spektralgebiets über C und F hinaus gibt die Vereinigung beider Strahlen noch die beste Ausgleichung. Um das an einem Beispiele zu zeigen, habe ich die günstigste Kurve für die Strecke des Spektrums von λ' 0,46138 bis λ'' 0,71138 mit den folgenden Konstanten gerechnet:

$$l_1 = 0{,}213680 \quad c_1 = [8{,}08141] \quad \lambda^0 = 0{,}62138\,\mu \quad n_1{}^0 = 1{,}6176748$$
$$l_2 = 0{,}171380 \quad c_2 = [7{,}88791] \quad \lambda' = 0{,}46138\,\mu \quad n_2{}^0 = 1{,}5165871$$
$$\lambda'' = 0{,}71138\,\mu\,.$$

Man erhält

$$p = +\,0{,}1089337 \qquad \log A = 8{,}7911654\,n$$
$$q = +\,0{,}0860104 \qquad \log B = 9{,}0874900$$
$$r = +\,0{,}0679327$$

und für die Unterschiede der Brennweiten, auf die Einstellungsebene $F = 20\ m$ bezogen, die in der zweiten Spalte angeführten Zahlen:

λ	ΔF	$\Delta F_{C,F}$	λ	ΔF	$\Delta F_{C,F}$
0,4614 μ	+ 18,4 *mm*	+ 19,3 *mm*	0,5700 μ	— 5,5 *mm*	— 5,6 *mm*
0,4862	+ 4,6	+ 5,1	0,5893	— 3,9	— 4,1
0,5140	— 3,2	— 2,9	0,6100	— 1,5	— 1,8
0,5214	— 4,4	— 4,1	0,6214	0,0	— 0,3
0,5364	— 5,7	— 5,6	0,6563	+ 5,5	+ 5,1
0,5514	— 6,1	— 6,1	0,7114	+ 15,4	+ 15,1

In der dritten Spalte stehen die Abweichungen der Brennweiten, bezogen auf die Einstellungsebene $F = 20{,}0051$ *mm*, wenn C und F vereinigt werden. Im ersten Falle wird die mittlere Abweichung zwischen $\lambda\,0{,}4614\,\mu$ und $\lambda\,0{,}7114\,\mu$ 5,8 *mm*, während sie im zweiten Falle für die günstigste Einstellungsebene 6,0 *mm* beträgt. Im Verhältnis zu der absoluten Größe dieser Abweichungen ist der Unterschied belanglos. Bei diesen Gläsern gibt daher die Vereinigung zweier Strahlen bei passender Wahl der Einstellungsebene die beste Ausgleichung nicht nur für den zwischen beiden gelegenen Teil des Spektrums, sondern das in Betracht kommende Gebiet darf sich noch um einen geringen Betrag über die betreffenden Strahlen hinaus erstrecken.

Mit der Reduktion des sekundären Spektrums bei Verwendung von Gläsern, deren Zerstreuungen einander ähnlicher sind, wird aber die Möglichkeit gegeben, ausgedehntere Strecken des Spektrums zu berücksichtigen, und es dürfte sich dann empfehlen, eine genauere Ausgleichung der Brennweitenunterschiede auszuführen. Die zu dieser Rechnung erforderlichen Formeln stelle ich hier noch einmal zusammen.

Dispersionsformeln der Gläser:

$$n_1 = a_1 + \frac{c_1}{\lambda - l_1} \qquad n_2 = a_2 + \frac{c_2}{\lambda - l_2};$$

Grenzen des Spektralgebiets: λ' und λ'';
Formel zur Berechnung der Brennweite für die Wellenlänge λ:

$$\frac{1}{F} = (n_1 - 1)A + (n_2 - 1)B;$$

Gleichungen zur Berechnung von A nnd B, wenn λ^0 nnd F_0 gegeben sind:

$$n_1^0 = a_1 + \frac{c_1}{\lambda^0 - l_1} \qquad n_2^0 = a_2 + \frac{c_2}{\lambda^0 - l_2}$$

$$\frac{1}{F_0} = (n_1^0 - 1)A_{\lambda^0} + (n_2^0 - 1)B_{\lambda^0}$$

$$[c_1^2(n_2^0 - 1)^2 p - 2c_1c_2(n_1^0 - 1)(n_2^0 - 1)q + c_2^2(n_1^0 - 1)^2 r]A_{\lambda^0} +$$
$$\frac{c_2}{F_0}[c_1(n_2^0 - 1)q - c_2(n_1^0 - 1)r] = 0$$

$$p = \frac{\lambda'' - \lambda'}{(\lambda^0 - l_1)^2} + \frac{\lambda'' - \lambda'}{(\lambda' - l_1)(\lambda'' - l_1)} - \frac{2}{\lambda'' - l_1}\log\text{nat}\frac{\lambda'' - l_1}{\lambda' - l_1}$$

$$r = \frac{\lambda'' - \lambda'}{(\lambda^0 - l_2)^2} + \frac{\lambda'' - \lambda'}{(\lambda' - l_2)(\lambda'' - l_2)} - \frac{2}{\lambda^0 - l_2}\log\text{nat}\frac{\lambda'' - l_2}{\lambda' - l_2}$$

$$q = \frac{\lambda'' - \lambda'}{(\lambda^0 - l_1)(\lambda^0 - l_2)} - \frac{2\lambda^0 - l_1 - l_2}{(\lambda^0 - l_1)(\lambda^0 - l_2)}\log\text{nat}\frac{\lambda'' - l_1}{\lambda' - l_1} - \frac{\lambda^0 - l_2}{\lambda^0 - l_1}\left\{\frac{1}{\lambda'' - l_1}\left[1 - \frac{1}{2}\left(\frac{l_1 - l_2}{\lambda'' - l_1}\right)\right.\right.$$
$$\left.\left. + \frac{1}{8}\left(\frac{l_1 - l_2}{\lambda'' - l_1}\right)^2 - \ldots\right] - \frac{1}{\lambda' - l_1}\left[1 - \frac{1}{2}\left(\frac{l_1 - l_2}{\lambda' - l_1}\right) + \frac{1}{3}\left(\frac{l_1 - l_2}{\lambda' - l_1}\right)^2 - \ldots\right]\right\}.$$

Wenn λ^{00} der Wert von λ^0 ist, für welchen der Ausdruck

$$F_0^2\sqrt{\frac{c_1^2 A_{\lambda^0}^2 p + 2c_1c_2A_{\lambda^0}B_{\lambda^0}q + c_2^2 B_{\lambda^0}^2 r}{\lambda'' - \lambda'}}$$

ein Minimum wird, so ist die günstigste Ausgleichung der Brennweitenunterschiede für das Spektralgebiet zwischen λ' und λ'' durch die Knrve

$$\frac{1}{F} = (n_1 - 1)A_{\lambda^{00}} + (n_2 - 1)B_{\lambda^{00}}$$

gegeben, und die Krümmungsradien der Linsen müssen den Gleichungen

$$A_{\lambda^{00}} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \quad \text{und} \quad B_{\lambda^{00}} = \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4}$$

genügen.

Zeitübertragung durch das Telephon.

Von
Dr. S. Riefler in München.

In *dieser Zeitschr.* ***25.*** *S. 382.* ***1905*** befindet sich ein Referat über eine Methode von E. Guyou (*Compt. rend.* ***140.*** *S. 1429.* ***1905***), die Zeit durch das Telephon zu übertragen, indem man ein Mikrophon in der Normaluhr anbringt. Der Referent bemerkt dabei, daß diese Methode gewiß schon häufiger Anwendung gefunden habe; in Jena werde sie benutzt, um die Uhr des seismischen Institutes mit der Hauptuhr der dortigen Sternwarte zu vergleichen.

Aus diesem Anlaß möchte ich die Methoden beschreiben, welche seit Jahren zu diesem Zweck in meinem Laboratorium in München angewendet werden.

Vorausgesetzt ist dabei, daß die Normaluhr elektrischen Sekundenkontakt besitzt, und daß eine eigene Batterie für einen lokalen Stromkreis vorhanden ist. Nach jeder Sekunde erfährt der Ruhestrom durch den Kontakt der Uhr eine kurze Unterbrechung. Da jedoch von den 60 Zähnen des Kontaktrades ein Zahn herausgenommen ist, findet bei der Sekunde „0" eine Unterbrechung nicht statt, wodurch sich der Beginn der Minute kundgibt. Dieser Lokalstrom setzt ein einfaches Klopfrelais in Bewegung, welches am Telephonapparat etwas unterhalb des Mikrophonbechers aufgestellt ist.

Ersucht nun ein Interessent telephonisch um die genaue Zeit, so wird der Relaisstromkreis durch einen neben dem Telephonapparat angebrachten Umschalter geschlossen, worauf der Anrufende in seinem Hörrohr die Schläge des Relaisankers deutlich wahrnimmt.

Diese Relaisschläge sind weit kräftiger als die Pendelschläge einer Uhr und können selbst auf Entfernungen von mehreren Hundert Kilometer noch deutlich gehört werden.

Die Normaluhr befindet sich unter luftdichtem Glasverschluß. Da sie ihrerseits täglich mit etwa einem Dutzend anderer unter luftdichtem Verschluß aufgestellter Uhren des Laboratoriums wie auch mit der Uhr Riefler Nr. 38 der Kgl. Sternwarte auf chronographischem Wege verglichen wird, so ist man leicht in der Lage, sie bis auf etwa 0,1 Sekunde auf richtiger Zeit zu halten. Diese Genauigkeit genügt, da die hier in Frage kommenden Interessenten die Schläge mit dem Ohr auffassen, eine Methode, die bei Nichtanwendung eines Übertragungschronometers in der Regel gleichfalls keine größere Genauigkeit als 0,1 Sekunde beanspruchen kann.

Um die Normaluhr auf richtiger Zeit zu erhalten, wird ihre Gangkonstante durch Regulierung des Luftdruckes innerhalb des Glaszylinders berichtigt. Wächst aber durch Anhäufung die Standkorrektion auf einen merkbaren Wert an, so wird die Uhr durch eine neuartige, in einem der nächsten Hefte zu beschreibende Vorrichtung wieder eingestellt, welche ich zum erstenmal als elektrische Ferneinstellung bei den im September 1905 im Deutschen Museum von Meisterwerken der Naturwissenschaft und Technik in München von mir aufgestellten Uhren angewendet habe.

Da mithin weder die Minutenzahl noch eine Uhrkorrektion anzugeben ist, so vollzieht sich die Zeitübertragung auf die denkbar einfachste Weise.

Nach dieser Methode erhalten zahlreiche Telephonabonnenten in München und auswärts bis auf Entfernungen von mehreren Hundert Kilometer wöchentlich ein- oder mehrmals aus meinem Laboratorium die richtige Zeit mitgeteilt.

Um eine andere Anwendung des Telephons zu beschreiben, muß ich zuvor erwähnen, wie die Zeit von der Uhr R. Nr. 38 der Kgl. Sternwarte nach meinem Laboratorium behufs chronographischer Vergleichung mit den daselbst aufgestellten Uhren übertragen wird.

Die Uhr R. Nr. 38 hat den sogen. intermittierenden Seknndenkontakt, bei welchem der Stromkreis abwechselnd eine Seknnde lang geschlossen und während der folgenden Seknnde offen bleibt. Das Kontaktrad hat 30 Zähne, von denen jedoch einer entfernt ist, um wieder den Beginn der Minnte zn markieren.

Zu dieser Zeitübertragung, welche täglich 15 bis 20 Minuten dauert, wird der Draht der Telephonleitung benutzt.

Die Übertragung geht in folgender Weise vor sich: nach vorausgegangenem telephonischen Anruf schaltet die gebende Station, also die Sternwarte, ihr Telephon aus nnd gleichzeitig eine daselbst aufgestellte Batterie von 8 bis 10 Volt Spannung sowie die Uhr Nr. 38 in den Stromkreis des Telephondrahtes ein. Indem ich nun im Laboratorium ebenfalls mein Telephon ausschalte und den Telephondraht mit dem Chronographen verbinde, erfolgt die reguläre chronographische Übertragung.

Solange aber im Laboratorium das Telephon nicht ausgeschaltet wird, hört man im Telephon daselbst sowohl beim Öffnen als beim Schließen des Stromkreises einen Schlag von ähnlicher Klangfarbe wie der Pendelschlag der Uhr. Diese Schläge sind jedoch nicht dnrch die mechanische Wirkung des Auffallens der Gangradzähne auf die Paletten des Uhrenankers oder durch das Anschlagen eines Relaisankers wie bei der zuerst beschriebenen Übertragungsmethode hervorgebracht; da an der Sternwarte ein Mikrophon nicht mitwirkt, so sind es die direkt von der Uhr selbst bewirkten Unterbrechungen und Schließnngen des elektrischen Stromkreises, welche das Hörrohr des Telephons im Laboratorium wiedergibt. Es mag jedoch noch erwähnt werden, daß diese Schläge in bezug auf Reinheit des Tones die Schläge eines Relaisankers nicht erreichen.

Die Hamannsche Rechenmaschine „Gaufs“[1]).

Vom
Kgl. Landmesser **J. W. G. Schulz** in Berlin.

Das Bestreben, die Rechnungsarten der vier Spezies mit Hülfe mechanischer Vorrichtungen zu erledigen, hat seit der Erfindnng der ersten *„machine arithmétique“* von Blaise Pascal (1642) eine fast ununterbrochene Reihe von Rechenmaschinen[2]) gezeitigt. Sie folgten sich am Ende des letzten Jahrhnnderts besonders rasch; ihre Hauptglieder werden durch die Maschine von Leibniz (1672—76)[3]), entwickelt aus ihrer ursprünglichen Form über die Thomassche zur jetzigen Burkhardtschen Rechenmaschine[4]), nnd durch die von Steiger-Egli (1892)[5]) gebildet.

[1]) Der vorliegende Artikel war ursprünglich von dem inzwischen verstorbenen Kollegen des Verf., dem Kgl. Landmesser und Assistenten für Geodäsie an der Kgl. Landw. Hochschule zu Berlin, Wilhelm Semmler, geplant, von dem die Fig. 2 u. 3 in ihren Anfängen noch entworfen sind.

[2]) Näheres siehe R. Mehmke, Numerisches Rechnen. Encyklopädie d. math. Wissenschaften. Bd. I, Tl. 2. *S. 958—978.*

[3]) Vgl. die unter [2]) angeführte Stelle *S. 965:* ferner Jordan, *Zeitschr. f. Vermess.* **26.** *S. 289. 1897.*

[4]) Reuleaux, Die sogen. Thomassche Rechenmaschine. Leipzig 1892. — Vogler, Prakt. Geometrie. Tl. I. *S. 182.* — Jordan, Handbuch der Vermessungskunde. Tl. 2. *S. 136.* — Koll, Die geodätischen Rechnungen mittels der Rechenmaschine. Halle 1903. *S. 11.*

Das Arithmometer von Odhner nnd seine Abarten wie die Rechenmaschinen Brunsviga, Berolina, Triumphator u. s. w. leiden sämtlich an nicht genügend gesicherter Zwangsläufigkeit. Siehe hierüber die unter [2]) angeführte Stelle *S. 969 Anm. 145* nnd Soßna, *Zeitschr. f. Vermess.* **30.** *S. 636. 1901.*

[5]) Siehe nnter [2]) *S. 972* nnd unter [4]) Koll, *S. 20:* hauptsächlich jedoch Soßna, *Zeitschr. f. Vermess.* **28.** *S. 674. 1899.*

So vorzüglich und exakt auch der Mechanismus des größten Teiles dieser Maschinen arbeiten mag, so weisen sie doch zwei nicht unwesentliche Nachteile auf: einmal sind sie verhältnismäßig groß und schwer und bedingen dadurch eine unbequeme Handhabung, und zum anderen sind ihre Anschaffungskosten zu hoch, als daß ein einzelner Rechner sie genügend leicht erstehen und entsprechend nutzbringend verwenden könnte.

Die Anregung, diesen beiden Übelständen abzuhelfen und eine bequeme, handliche, billig zu beschaffende, dabei doch exakt arbeitende Rechenmaschine zu konstruieren, ging von dem Vorstand der geodätischen Sammlung der Kgl. Landwirtschaftlichen Hochschule zu Berlin, Hrn. Geh. Regierungsrat Prof. Dr. Vogler, aus und fand in dem erfahrenen Mechaniker Ch. Hamann in Friedenau-Berlin, der seine Fähigkeiten bereits durch Erfindung einer neuen eigenartigen Rechenmaschine und durch Anbringung von Verbesserungen an bestehenden erwiesen hatte, einen gedankenreichen und tatkräftigen Förderer.

Angeregt durch ständige wechselseitige Beziehungen zwischen Erfinder und Interessenten, die fürs erste hauptsächlich durch Assistenten der geodätischen Abteilung der Kgl. Landwirtschaftlichen Hochschule zu Berlin gebildet wurden, entstand nach Ausprobierung verschiedener Modelle, von denen eines schon auf der Pariser Weltausstellung 1900 gezeigt wurde, die jetzt bereits in vielen Exemplaren — teilweise auch im Auslande — in Gebrauch befindliche, sich bestens bewährende „Gauß".



1/2 nat.Grosse.

Fig. 1.

Die Fig. 1, welche die Maschine in $^1/_2$ natürlicher Größe darstellt, zeigt offensichtlich, in wie glänzender Weise die Bedingung der Handlichkeit erfüllt ist. Kann die nur 10 *cm* hohe und im Durchmesser 12,5 *cm* messende Maschine doch auf jedem Arbeitstische leicht zur Linken des Rechenblattes ihren Platz finden, dort ohne Herumwenden des Körpers bedient und das Resultat bequem von ihrer dem Rechner zugeneigten Deckelfläche abgelesen werden. Ihr gefälliges Aussehen, ihr ruhiger und fast geräuschloser Gang werden ihr viele Anhänger sichern.

In einem eleganten, zylindrischen Kasten von 16 *cm* Durchmesser und 13 *cm* Höhe verpackt, läßt sie sich leicht transportieren; wiegt sie mit demselben doch nur 2,6 *kg*. Der Preis der Maschine, der von dem Versandhaus R. Reiß in Liebenwerda i. S., das den kaufmännischen Vertrieb der „Gauß" übernommen hat, auf 200 Mark festgesetzt ist, beträgt nur einen Bruchteil von dem der anderen Maschinen.

Ihrem inneren Bau[1]) nach stellt die Hamannsche Rechenmaschine eine Weiterbildung des dem Leibnizschen Arithmometer zugrunde liegenden Prinzips dar. Der

[1]) Über den Gebrauch der Rechenmaschine „Gauß" siehe Semmler, *Zeitschr. f. Vermess.* **35.** *S. 10 und 33. 1906.*

fundamentale Gedanke, der die Gesamtvereinfachung des Mechanismus und die Handlichkeit herbeiführte, war, statt der Leibnizschen und nach ihm von Thomas verwandten *mehrfachen* Staffelwalzen eine *einzige* zu benutzen. Das oben erwähnte, auf der Pariser Weltausstellung gezeigte Modell besaß uur *einen* derartigen Stufenzylinder. Durch Anwendung dieses litt jedoch neben der bequemen Handhabung vor allem die

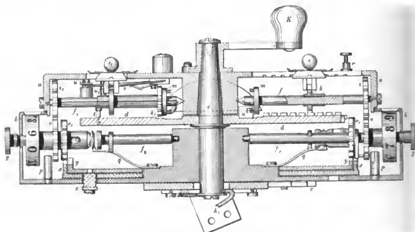


Fig. 2. Vertikalschnitt durch die Maschine.

Übersichtlichkeit, da die Ziffern zum Einstellen und Ablesen über den Umfang eines Zylinders verteilt werden mußten. Die Notwendigkeit, diese Zahlen in einer Ebene erscheinen zn lasseu, führte znr Erfindung der *Stufenscheibe d* (Fig. 2 und 3). Sie bedingt die Anordnung des Gesamtgetriebes in Kreisform und damit den geringen Nachteil, das Resultat in der Runde auf der Deckelfläche der Maschine ablesen zu müssen. Eine nur geringe Übung mit der „Gauß" macht diesen kleineu Übelstand jedoch vollständig vergessen. Und gänzlich schwindet jedes Bedenken, sobald man erkennt, wie dadurch eine einfache Zehuerübertragung gewonnen ist, die, an der Stufenscheibe sitzend, über alle Elemente des Zählwerkes hinweggleitet. Auch gestattet eine Maschine in Kreisform Produkte, deren einer Faktor unbegrenzt ist, und Quotienten zu bilden, die unendlich viele Stellen besitzen, da der Mechanismus in sich selbst zurückläuft.

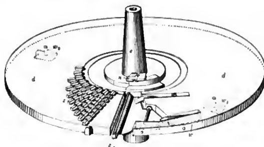


Fig. 3. Ansicht der Schaltscheibe (Stufenscheibe) d.

Zugleich ist die Einrichtnng der Stufenscheibe bei der „Gauß" zur Erzielung des ihr eigenen sanften Ganges benutzt. Die bei der Kurbeldrehung deu [illegible] Widerstand bietende Einstellung 9 liegt dem Drehpunkt am nächsten [illegible] mit dem verhältnismäßig langen Hebelarm der Kurbel leicht zu üb[illegible]

Kurbeldrehung einen geringeren Widerstand bietenden kleineren Einteilungen liegen näher an der Peripherie der Schaltscheibe.

Die Stufenscheibe d läßt sich (Fig. 2) mittels der Kurbel K um die Achse e zwischen dem Schaltdeckel a und dem Zählwerk b (Fig. 1 u. 2) drehen. Auf ihrer Oberseite trägt sie neben anderem 9 konzentrisch angeordnete Reihen von Zähnen z (s. Fig. 3), von denen die innerste 9, jede weiter nach außen liegende einen weniger besitzt, bis zur äußersten mit nur einem Zahn. Unter den 6 auf dem Stelldeckel erkennbaren Schlitzen (Fig. 1) liegt radial je eine Achse f (Fig. 2 u. 4), auf der mittels gabelförmiger Fortsätze der Schieberknöpfe s ein 10-zähniges Rädchen k in der Längsrichtung verstellt werden kann (Fig. 2 u. 4). Bewegt man die Schieber s in ihren Schlitzen, so werden sie mit hör- und fühlbarem Rucke sprungweise durch eine in eine Nut eingreifende Feder festgehalten. Die zu beiden Seiten der Knöpfe befindlichen Zeigerchen weisen dann immer auf eine Ziffer der rechts und links

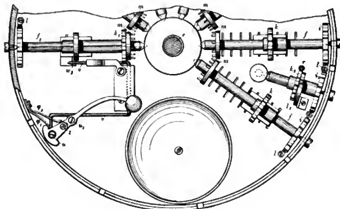


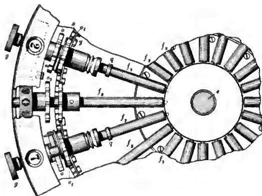
Fig. 4. Einblick von unten in den Schaltdeckel a.

eingravierten von 0 bis 9 laufenden Zahlenreihen (Fig. 1). Die weißen Ziffern zur Linken geben die Anzahl der Zähne an, welche die Reihe auf der Schaltscheibe d enthält, über der sich das Läuferrädchen k im Augenblick befindet, und damit die Anzahl der Zehntelrotationen, denen es bei einer Umdrehung der Kurbel unterworfen ist.

Da die Rädchen k mit Nasen in Längsrillen ihrer Achsen eingreifen, übertragen sie ihre Bewegung auf diese und auf starr mit letzteren verbundene, am äußersten Ende sitzende, ebenfalls 10-zähnige Räder i (Fig. 2 u. 4).

Um ein durch den Schwung der Kurbeldrehung veranlaßtes, nicht gewolltes Weiterrotieren all dieser Elemente zu vermeiden, ist einesteils eine in das Zahnrad i eingreifende Feder l (Fig. 4), in der Hauptsache jedoch eine besonders erdachte Konstruktion angebracht. Am zentralen Ende der Achse f nämlich befindet sich eine Scheibe m mit 10 nach dem Innern der Maschine weisenden Stiftchen. Auf der Schaltscheibe d sitzt unmittelbar hinter den Zahnringen z ein zungenartiges Sperrstück n, das sich zwischen diese Stiftchen schiebt in *dem* Augenblick, in welchem die betreffende Achse f die durch den letzten der Zähne z hervorgerufene Drehung vollendet hat. Jede weitere eigenmächtige Bewegung von f ist damit vollkommen verhindert, und für die Maschine ist ein zwangläufiger Gang gewonnen.

Das Zählwerk *b* (Fig. 5) besteht wie bei anderen Rechenmaschinen aus dem Produkten- und Quotientenwerk. Das Letztere bilden die 10 Elemente mit den Achsen f_3; sie zählen die Kurbelumdrehungen. Ihre Besprechung erfolgt weiter unten. Das erstere setzt sich zusammen aus 10 radial gelagerten Achsen f_2 mit je einem festen und einem in der Längsrichtung gering verschiebbaren 10-zähnigen Rad (*o* und o_1) und einer Zifferntrommel, die auf ihrer Mantelfläche in Richtung der Achse mit dem Fuß nach außen die Ziffern 0 bis 9 in gleichen Abständen aufweist. In kreisförmigen Ausschnitten der Umbördelung des Zählwerkes erscheinen diese Zahlen der Reihe nach beim Drehen des Rädchens *o* um je einen Zahn weiter. Die Achsen f_2 ragen mit einem gerieften Knopf *g* aus der Zählwerksdose heraus und können mit diesem von Hand um beliebige Zehntel gedreht werden. In das feste Rad *o* jedes dieser 10 Elemente greifen die Räder *i* der darüber liegenden Schaltwerksachse *f* (Fig. 2) und übermitteln ihre Drehung somit auf die Zifferntrommel.


Fig. 5. Einblick von oben in das Zählwerk *b*.

Hat man also in einem Schlitz des Deckels *a* den Schieber *s* auf eine beliebige Zahl der weißen Ziffernreihe gestellt (z. B. auf 7) und dreht die Kurbel *K* von ihrer Ruhelage, die durch Einspringen eines Federbolzens in die Vertiefung eines Anschlages auf Deckel *a* festgelegt wird (siehe Fig. 1), ein volles Mal herum, so gleitet der die betreffende Anzahl (hier 7) Zähne enthaltende Ring der Schaltscheibe unter dem Läuferrädchen *k* fort. Dabei teilt er diesem eine entsprechende Anzahl Zehntelumdrehungen mit, welche an die Achse *f* und durch die Rädchen *i* an die unter dem Einstellschlitz liegende Zählwerksachse f_2 weitergegeben werden. Stand die zugehörige Zifferntrommel in ihrem Schauloch auf 0, so wird sie nach ausgeführter Operation die auf dem Schaltwerk eingestellte Zahl (im Beispiel 7) aufweisen. Sofern schon ein Wert auf der Trommel angezeigt war, wird nach der Drehung die Summe dieses und des im Schlitz eingestellten erscheinen. Wird noch für eine genügende Zehnerübertragung gesorgt, so ist damit die Maschine zur Addition 6-stelliger Summanden geeignet.

Da der Deckel *a* sich mit Hülfe des Hebels *h* (Fig. 1, vgl. auch *S. 58*) am Fuße der Maschine vom Zählwerk *b* abheben und alsdann mit der Kurbel *K* und der Schaltscheibe *d* zusammen um die Achse *e* drehen läßt, kann jede Schaltwerksstelle über jede des Zählwerks gebracht werden. Zur Markierung der gegenseitigen Lage von Schaltdeckel und Zählwerk dient ein auf letzterem sitzender Zeiger *Z* (Fig. 1). Er weist auf Ziffern am Rande des ersteren, welche die Stellenzahl der Achse des Produktenzählwerkes angeben, über der der letzte Schlitz des Schaltdeckels sich befindet. Zeigt *Z* auf 1, so liegt der Stelldeckel in seiner Normallage. Durch Aussparungen an der Umränderung von *a* und durch Nasen an der Umbördelung von *b* wird die jeweilige gegenseitige Lage der Dosen *a* und *b* festgehalten. Durch diese Verleg-

barkeit des Schaltwerks gegen das Zählwerk ist die Möglichkeit geboten, zu den Einern, Zehnern u. s. w. einer im Zählwerk eingestellten oder errechneten Zahl einen im Schaltwerk markierten Wert beliebig viele Male zu addieren, d. h. also die Maschine kann bequem zum Multiplizieren benutzt werden und erfordert dabei so viel Verlegungen des Schaltwerks, als der abzuleiernde Faktor Stellen hat, und so viel Kurbelumdrehungen, als seine Quersumme angibt — genau so wie bei der Leibnizschen (Burkhardtschen) Maschine.

Die Zehnerübertragung bei der „Gauß“ zerfällt in eine vorbereitende und eine ausführende Bewegung: erstere geschieht im Zählwerk, letztere an der Schaltscheibe. Die oben erwähnten, auf den Zählwerksachsen sitzenden Rädchen o_1 ragen mit einem parallel zur Achsrichtung stehenden Stift durch einen Zahn des Rades o hindurch. Springt die zugehörige Zifferntrommel im Schauloch von 9 auf 0, in welchem Falle eine 1 mehr auf der nächst höheren Ziffernscheibe erscheinen müßte, so gleitet dieser Stift an der ihm zugewandten schrägen Fläche eines auf dem Boden des Zählwerks stehenden Zapfens p (Fig. 2) entlang und wird dadurch zusammen mit dem Rädchen o_1 um ein bestimmtes Stück nach innen gedrängt, wie in Fig. 2 auf der rechten Seite geschehen. Eine Feder q (Fig. 2 und 5), die vorher das Rädchen in seiner Lage fixierte, springt während der Bewegung über einen kleinen Wulst an der Radnabe fort und hält auch jetzt wieder das Rad gegen achsiale Verschiebungen gesichert. Den Schaltzähnen z folgt unmittelbar ein beweglicher Zahn z_1, dessen Oberkante gewöhnlich unterhalb der Ebene der Schaltscheibe liegt. Ist jedoch an irgend einer Stelle im Zählwerk eine Zehnerübertragung vorbereitet, so stößt ein sonst ungehindert kreisender Wulst w (Fig. 3) auf die trommelartige Verstärkung der Nabe des zurückgeschobenen Rädchens o_1, preßt den beweglichen Zahn z_1 durch eine Hebelübertragung nach oben und zwingt ihn zur Wirkung auf die nächst höhere Ziffernscheibe. Somit ist die Zehnerübertragung vollendet.

Während der Drehung des letzterwähnten Zahlenzylinders um $^1/_{10}$ seines Umfanges gleitet ein Stiftchen der Scheibe m durch eine Aussparung des zungenartigen Hemmstückes n auf der Schaltscheibe, dessen zweiter Teil sich jetzt sofort wieder zwischen das soeben durchgeschlüpfte und das folgende Stiftchen schiebt und damit die vollkommene Zwangsläufigkeit der Maschine sichert.

Unmittelbar hinter dem beweglichen Wulst w folgt ein fester, nach unten abgeschrägter w_1, der einmal die die Zählachse hakenförmig umfassende Feder q aus ihrem Lager in der Nute der Achse des beweglichen Rades löst und dieses selbst mittels seines halbrunden Vorsprungs nach außen schiebt. Hierdurch ist die Vorbereitung der erledigten Zehnerübertragung sofort wieder gelöscht. Ein dritter, dem w_1 genau gleicher Wulst w_2 geht den Zähnen z bei der Kurbeldrehung voraus und sorgt, daß durch Drehung von Hand an den Knöpfen g etwa entstandene Vorbereitungen von Zehnerübertragung zurzeit gelöscht und damit Rechenfehler vermieden werden.

Bei der „Gauß“ sind für die Weitergabe der ausführenden Bewegung der Zehnerübertragung an das Zählwerk 7 Elemente vorhanden: die 6 Achsen unter den Einstellschlitzen und als siebente eine ähnliche, später genauer zu betrachtende, unter dem Knopf s_1 (Fig. 1 u. 2) liegende. Die Zehnerübertragung wird also nur bis zur 7. Stelle des Schaltwerks ausgeführt, wenn auch für die höheren die nötigen Vorbereitungen im Zählwerk vorhanden sind. Die Maschine würde also Fehler begehen, sobald von einem Zählwerkselement unter der 7. Schaltwerksstelle eine 1 zu übertragen wäre. Um den Rechner eintretenden Falles auf dieses Ausbleiben aufmerksam zu machen,

ertönt ein warnendes Glockenzeichen[1]). Der die Schaltscheibe nach außen überragende bewegliche Zehnerzahn z_1 gleitet gewöhnlich durch einen Ausschnitt eines vertikalen Zapfens t (Fig. 2 u. 4), der um eine im Schaltdeckel stehende Achse s drehbar ist. Mit seiner unteren Fortsetzung greift t in den gabelförmig ausgeschnittenen, kürzeren Hebelarm eines um u_1 beweglichen Klöppels. Ist nun durch eine unter der 7. Schaltwerksstelle im Zählwerk vorbereitete Zehnerübertragung der Zahn z_1 gehoben, so stößt er gegen den Zapfen t und nimmt ihn ein Stück auf seinem Wege mit, wodurch der Klöppel von der in Fig. 2 u. 4 sichtbaren Glocke entfernt wird. Sobald der Zehnerzahn den Zapfen t freigibt, schnellt dieser durch die Kraft der Feder φ_1 zurück etwas über seine Ruhelage hinaus, die durch die Feder φ_2 bestimmt ist, sodaß der Klöppel die Glocke zum Ertönen bringt. Der Rechner ist dadurch erinnert von Hand die unter der 8. Schaltstelle liegende Ziffernscheibe — sie befindet sich stets dicht bei der Zahl 4 auf dem Rande des Schaltdeckels — um eine Einheit vorwärts zu drehen. Dies ist der Vorgang bei Addition und Multiplikation.

Da der innere Bau der Maschine eine Linksdrehung der Kurbel nicht gestattet, ist zur Vermeidung einer solchen an der Achse e dicht auf der Deckelfläche a ein Zahnrädchen angebracht, in das eine federnde Sperrklinke greift (Fig. 1).

Will man die Maschine zum Subtrahieren oder Dividieren benutzen, so dienen nicht mehr die links von den Schlitzen befindlichen weißen Ziffern, sondern die rechtsstehenden roten zur Einstellung des Subtrahenden oder Divisors. Die an den Schlitzen einander gegenüber stehenden Ziffern ergänzen sich überall zu 9, in der letzten Spalte zu 10 (s. Fig. 1). Die Maschine addiert also bei stets rechtsläufiger Kurbelumdrehung die dekadischen Ergänzungen[2]), anstatt die Zahl selbst zu subtrahieren. Des ferneren ist bei diesen Operationen nötig, einen bisher nur nebenbei erwähnten Umschaltschieber s_1 von der auf dem Schaltdeckel markierten Stellung + für Addition und Multiplikation nach der Stellung — zu verrücken. Unter s_1 liegt eine den Achsen f ähnlich gestaltete Achse f_1, nur daß ihr Läuferrädchen k_1 nahe nach dem Zentrum der Maschine verschoben ist. Es wird in der Längsrichtung erst durch Vermittelung eines Zylinders und einer Scheibe bewegt, um welche der gabelförmige Fortsatz des Schieberknopfes s_1 greift. Bei der Stellung + des Umschalters wird k_1 von keinem Schaltwerkszahn außer dem etwa gehobenen, beweglichen Zehnerzahn berührt, der zu diesem Zweck weiter nach dem Zentrum der Schaltscheibe hineinragt als der innerste Ring der Zähne z (s. Fig. 3). Bei der Stellung — wird es jedoch stets um $^9/_{10}$ Drehungen weiterbewegt. Mittels des Rädchens i_1 überträgt es seine Bewegungen in das Produktenzählwerk (Fig. 2). Die Verschiebung des Umschalters von + auf — bewirkt gleichzeitig mit Hülfe des U-förmigen Hebelwerkes r (Fig. 2 u. 4), das auf einer seitlichen Abschrägung w_3 des Schiebers s_1 aufliegt, eine Vertikalverschiebung des Zapfens t, sodaß jetzt der zur Zehnerübertragung vorbereitete Zahn z_1 ohne Berührung durch den Ausschnitt gleitet, während eine nicht vorbereitete Zehnerübertragung die Glocke zum Anschlag bringt, den Rechner erinnernd, die Zählscheibe dicht bei 4 des Schaltdeckels um eine Einheit *zurückzudrehen*. Notwendig ist, beim Subtrahieren und Dividieren die Einstellung des Subtrahenden oder Divisors auf der Schaltscheibe so vorzunehmen, daß die letzte von 0 abweichende

[1]) Durch Ableiern des Multiplikators von vorn kann dieses Anschlagen der Glocke auf sehr wenige Fälle beschränkt werden.

[2]) Vergleiche hierzu einen auf das Rechnen mit dekadischen Ergänzungen bei der Thomasschen Maschine bezüglichen Aufsatz von Veltmann, *diese Zeitschr. 6. S. 134. 1886.*

Zahl in den letzten Schlitz und die von der Einstellung etwa nicht betroffenen ersten Schieber auf die 0 in Rot — *d. h. 9 in Weiſs* — stehen. Die Maschine ergänzt somit jeden eingestellten Subtrahenden oder Divisor, den sie in die betreffende dekadische Ergänzung umsetzt, zu einer 7-stelligen Zahl durch Einführung von Neunen in die ersten nicht anderweitig in Anspruch genommenen Stellen und verlegt den bei der Rechnung mit dekadischen Ergänzungen stets in irgend einer Stelle nötigen Abzug von 1 immer in die 8., in welcher sie ihn durch Unterlassung der Zehnerübertragung berücksichtigt.

Um beim Addieren oder Subtrahieren die Anzahl der Summanden oder Subtrahenden, beim Multiplizieren den abgeleierten Faktor, beim Dividieren den Quotienten von der Maschine entnehmen zu können, bedarf es einer Vorrichtung, die Umdrehungen der Kurbel K in jeder Lage des Schaltdeckels zählen zu können. Diesem Zweck dienen im Zählwerk die oben bereits erwähnten 10 Achsen f_3, die zwischen den ihnen ähnlichen f_2 gelagert sind. Sie tragen wie letztere ein 10-zähniges Rädchen o_2 und eine Ziffertrommel, deren Zahlen aus runden Aussparungen der Umbördelung frei werden, sobald man einen auf dieser liegenden Deckring verschiebt. Zweck dieses Ringes ist es, eine Verwechselung der verschiedenen Ziffernscheiben beim Ablesen der Resultate von der Maschine zu vermeiden; er gibt nur immer eine Art von Schaulöchern frei: ist er in der auf ihm mit P.S. bezeichneten Pfeilrichtung gedreht, so sind es die Produkte oder Summen der eingestellten und abgeleierten Zahlen, verschiebt man ihn in der Richtung M. Q. (Multiplikator, Quotient), so erblickt man in den Schaulöchern die Anzahl der Kurbelumdrehungen. Letztere sind zum Überfluß noch durch weiße Ziffern auf schwarzem Grunde, erstere durch schwarze Ziffern auf weißem Grunde kenntlich gemacht. In Fig. 1 sind die Scheiben freigegeben, in denen die Summen, Differenzen, Produkte oder Dividenden erscheinen; doch ist bei dem abgebildeten älteren Modell die Färbung der Ziffertrommeln die umgekehrte der jetzigen.

Eine im Schaltwerk angebrachte kürzere Achse (Fig. 4), deren Rädchen k_2 bei jeder Kurbeldrehung von der äußersten Reihe der Schaltzähne z $^1/_{10}$-mal gedreht wird, betätigt mit Hülfe des Rades i_2 die jeweilig unter ihr liegende Zählscheibe; auf sie weist ein Zeiger hin, der auf dem Schaltdeckel eingraviert ist (neben r in Fig. 1 sichtbar). Um die Zwangsläufigkeit dieses Quotientenzählwerkes zu sichern, wird durch einen den Zähnen z folgenden, am Rande der Schaltscheibe sitzenden kleinen Zapfen eine Hakenfeder l_1 in ein k_2 benachbartes Zahnrädchen gepreßt, sobald die notwendige Zehnteldrehung vollendet ist.

Da die Achsen dieser Zählscheiben nicht aus dem Gehäuse herausragen, sie also nicht von Hand gedreht werden können, ist über dem Rädchen k_2 ein federnder Druckknopf angebracht (r in Fig. 2 u. 4; in dem älteren Modell der Fig. 1 war es ein gerieftes Rädchen), um etwa zuviel ausgeführte Kurbelumdrehungen in ihrer Registrierung auf dem Quotientenzählwerk rückgängig zu machen; jedes Niederdrücken des Knopfes dreht die augenblicklich unter ihm liegende Ziffernscheibe um eins zurück.

Um die in den Schaulöchern erschienenen Resultate zu löschen, muß die Maschine die Möglichkeit bieten, die Ziffernscheiben beider, des Produkten- wie Quotientenzählwerkes unabhängig voneinander auf 0 bringen zu können. Zwei Auslöschhebel c, die diesem Zwecke dienen — in Fig. 1 ist nur der eine sichtbar, der ihm gegenüber liegende ist durch die Maschine verdeckt — drehen bei ihrem Vorziehen von Hand zwei flach übereinander auf dem Boden von b aufliegende

Scheiben, die je einen Zahnkranz x und y (Fig. 2 u. 5) tragen. Der innere Zahnkranz, durch den linken Hebel betätigt, greift in die Zähne eines auf den Achsen f_2 besonders für diesen Zweck angebrachten Rädchens, der äußere, durch den rechten Hebel gedreht, faßt das Rädchen o_1 der Achsen f_2. In der Ruhelage der Löschhebel liegen Aussparungen in den Zahnkränzen unter diesen Rädern, sodaß sie und ihre Achsen sich ungehindert drehen können. Die Gleitschlitze für die Löschhebel im Gehäuse b sind so bemessen, daß mindestens 9 Zähne unter jedem Rad vorbeigeführt werden können. Erscheint in allen Schaulöchern die 0, so weisen die Räder über den Löschringen eine Zahnlücke auf; sie bleiben also in dieser Lage durch weitere Bewegungen der Hebel c unberührt. Eine Spiralfeder, die beide Löschvorrichtungen miteinander verbindet, führt sie durch ihre Zugkraft stets in die Ruhelage zurück.

Ist nach einer Kurbeldrehung eine Zählscheibe des Produktenwerkes von Hand über 9 nach 0 gedreht worden, also das Rädchen o_1 dieser Achse in die vorbereitende Stellung für Zehnerübertragung gesprungen, so ist eine neben ihm sitzende flache Blechscheibe in die Lücke des Zahnkranzes x getreten und hindert jede Bewegung dieses und seines Hebels c. Die so gewonnene Hemmung vermeidet eine ohne sie mögliche Beschädigung der Maschine. Eine einmalige Kurbelumdrehung führt o_1 in seine Normalstellung zurück, und die Löschung ist wieder freigegeben.

Das Abheben des Schaltdeckels vom Zählwerk geschieht — wie oben bereits erwähnt — mit Hülfe des Hebels h. Wird er von Hand umgeschlagen, so schiebt er einen inmitten des Fußes stehenden Bolzen nach oben, der die Nase h_1 (Fig. 2) zur Seite drückt und die dadurch freigegebene Achse e in die Höhe hebt. Ist die gewünschte Verlegung des Schaltwerkes erfolgt, und läßt man den Hebel h zurückschlagen, so sinkt a selbständig in seine richtige Lage auf b, und die durch Federzug einspringende Sicherung h_1 hält die Räderwerke beider Teile in festem Eingriff.

Daß die „Gauß", deren Aufbau bis ins kleinste zusammengedrängt ist, bei all ihrer Handlichkeit und Eleganz auch den höchsten Anforderungen in bezug auf Haltbarkeit genügt, hat sofort eines ihrer ersten Exemplare bewiesen, das bei steter Inanspruchnahme annähernd 200 000 Exempel löste, ohne in seinem inneren Bau den geringsten Schaden zu nehmen.

Berlin, Kgl. Landwirtschaftliche Hochschule, im Januar 1906.

Referate.

Kalibrierung eines Keilphotometers.

Von J. D. Maddrill. *Astrophys. Journ.* **22.** *S. 138. 1905.*

Drückt man die durch einen Photometerkeil an einer l *mm* von seiner Schneide entfernten Stelle absorbierte Lichtmenge A in astronomischen Größenklassen aus, so lautet die für den idealen Keil geltende Grundgleichung bekanntlich

$$A = k\,l,$$

worin k die sogenannte Keilkonstante ist. Ist der Keil aus einer recht homogenen Glasmasse gut geschliffen, so kommt er den Bedingungen des idealen Keils sehr nahe. Aber trotzdem wird ein sorgfältiger Beobachter es nicht unterlassen, den Keil optisch zu kalibrieren, d. h. sich durch Messen bekannter Helligkeitsunterschiede zu überzeugen, ob die Größe k wirklich für die ganze Länge des Keils konstant ist. Ganz unerläßlich ist eine solche empirische Kalibrierung aber bei einem auf photographischem Wege hergestellten Keile, da bei diesem ganz erhebliche Abweichungen von der idealen Keilform vorkommen können.

Zur Kalibrierung der zu astronomischen Messungen benutzten Keile liegen nun längst erprobte Verfahren vor. So schlug Abney vor, mit dem betreffenden Keil genau wie bei seiner Anwendung am Himmel einen künstlichen Stern zu messen, dessen Helligkeit durch eine rotierende Sektorenscheibe in meßbarer Weise abgeschwächt wird; in Potsdam verwendet man zu dieser Abschwächung zwei Nicolprismen. Der Verf. hat die Lichtabschwächung nach dem Entfernungsgesetze vorgenommen, was jedenfalls noch einfacher und einwandfreier ist. Allein er benutzte hierbei den Keil unter Bedingungen, die gänzlich anders waren, als bei seiner Anwendung am Himmel, sodaß Ref. dieses Verfahren nicht ohne weiteres zur Nachahmung empfehlen kann. Verf. montierte den Keil auf einer mit dem Lummer-Brodhunschen Photometer ausgerüsteten Photometerbank in der Weise, daß das Licht der rechten, in konstanter Entfernung vom Prismenkörper gelassenen Lampe durch den Keil abgeschwächt wurde, während auf der linken Seite die Abschwächung durch Änderung der Lampendistanz stattfand. Im Lummer-Brodhunschen Prisma wurden nun die Flächenhelligkeiten der von den beiden Lampen beleuchteten Flächen miteinander verglichen, während der Keil bei seiner astronomischen Verwendung zur Messung punktförmiger Bilder dient. Ferner mußte der Querschnitt des den Keil durchsetzenden Lichtbündels, um genügende Helligkeit zu erreichen, größer genommen werden als bei der Benutzung am Fernrohr. Der Verf. war sich der Mängel dieses Verfahrens wohl bewußt und hat daher die so im Laboratorium gewonnenen Messungen nur benutzt, um die *Form* der Absorptionskurve des Keils zu bestimmen; ihre genaue Richtung, d. h. der absolute Wert der durch den Keil bei seiner astronomischen Verwendung bewirkten Lichtschwächung wurde sodann durch eine ausgedehnte Beobachtungsreihe an Sternen von bekannter Helligkeit (den von Müller und Kempf gemessenen Plejadensternen) festgelegt. Es sei hier noch erwähnt, daß bei dem hier untersuchten, der Lick-Sternwarte gehörigen Keilphotometer der Keil nicht in der bisher üblichen Weise zum Auslöschen des Sternlichtes bis zu dessen Verschwinden, sondern, was weit richtiger ist, zur meßbaren Abschwächung der Helligkeit eines künstlichen Vergleichssterns benutzt wird.

J. H.

Beschreibung eines Apparates zur Schwerkraftsmessung durch Biegung.

Von M. Brillouin. *Verhandl. der 14. allgem. Konf. d. Intern. Erdmessung. II. Tl. Ann. B. XXI. S. 456. Berlin 1905.*

Die relativen Schwerkraftsmessungen zu Lande, die auf Genauigkeit Anspruch machen, werden heutzutage ausschließlich mit Hülfe des Pendels ausgeführt. Da die Erledigung einer Station, selbst bei Benutzung der modernen Apparate, immer noch einen bis mehrere Tage erfordert, hat man schon öfter Versuche gemacht, durch Einführung eines anderen Beobachtungsverfahrens, nämlich Vergleich der Schwerkraft mit einer konstanten Kraft, Zeit zu ersparen. Aber diese Versuche sind bislang wenig erfolgreich gewesen. Bei dem vorliegenden Schweremesser wird als Vergleichskraft die Biegungselastizität einer Quarzlamelle benutzt. Eine Lamelle von 0,20 *mm* Dicke, 5 *mm* Breite und 52 *mm* Länge aus kristallinischem Quarz ist an einem Ende eingeklemmt und mit 5 Gramm belastet. Durch Beobachtung des Biegungswinkels auf 0,3″ genau läßt sich $^1/_{200000}$ der Größe g bestimmen.

Zur Herstellung der Lamelle ist trotz des größeren Ausdehnungskoeffizienten kristallinischer Quarz benutzt, weil die durch Guß hergestellten Lamellen sich als zu zerbrechlich erwiesen. Als das beste Verfahren zur Einklemmung der Lamelle sieht der Verf. die Benutzung von Messingbacken an, die in derselben Weise wie Planspiegel eben geschliffen sind. Diese Backen können kräftig zusammengepreßt werden, ohne daß man dabei Gefahr läuft, die Lamelle zu zerbrechen. Die kleinen Änderungen des Biegungswinkels werden nach einem besonderen Verfahren mit Hülfe der Doppelbrechung gemessen, über das in *dieser Zeitschr.* **25.** *S. 289. 1905* berichtet ist. Bei arretierter Lamelle ergibt *eine* Ablesung die oben geforderte Genauigkeit von 0,3″; bei gelöster Arretierung stören kleine Schwingungen der Lamelle erheblich. Indessen ist es dem Verf. gelungen, die Arretierungsvorrichtung so zu gestalten, daß die Amplitude der Schwingungen sich in engen Grenzen hält, und daß bei stabiler Aufstellung $^1/_4$ Stunde Beobachtungszeit genügt, um 0,3″ Genauigkeit zu erhalten.

Der Einfluß der Temperatur und der elastischen Nachwirkung ist noch nicht genügend studiert, sodaß sich über die praktische Brauchbarkeit der Methode noch kein abschließendes Urteil abgeben läßt. Den Temperatureinfluß gibt der Verf. zu 6" bis 7" pro Grad an, sodaß ein in zehntel Grad geteiltes Thermometer genügen würde. Für Schnellmessungen wird es besonders darauf ankommen, dem Thermometer dieselbe Trägheit gegenüber Temperaturänderungen zu geben wie der Lamelle. Um den Einfluß der elastischen Nachwirkung zu vermeiden, war bei dem Apparat, den der Verf. konstruiert hat, eine Wartezeit von etwa 12 Stunden nach Lösung der Arretierung erforderlich, weil die Lamelle in ihrer natürlichen Gleichgewichtslage, die sie ohne Belastung einnehmen würde, arretiert wird. Durch Arretierung der Lamelle in der Gebrauchsstellung (d. h. mit einem Biegungswinkel von etwa 18°) hofft der Verf. diese Zeit bedeutend abkürzen zu können. *Ph. F.*

Die Tätigkeit der Coast and Geodetic Survey im Jahre 1903 bis 1904.

Report of the Superintendent of the U. S. Coast and Geodetic Survey.
4°. 774 S. mit Karten, Plänen u. Abb. Washington, Government Printing Office 1904.

Aus diesem mit gewohnter Pünktlichkeit erschienenen Bericht für die Zeit vom 1. Juli 1903 bis 30. Juni 1904 sind hier nur einige Punkte hervorzuheben, die für die Instrumentenkunde von Wichtigkeit sind. Nach dem allgemeinen Bericht des Direktors O. H. Tittmann, werden im Appendix 1 kurze Berichte über die Feldarbeiten aller einzelnen Aufnahmeabteilungen gegeben, während der Appendix 2 ebenso über die Bureauarbeiten berichtet. Dabei wird u. a. für die *„Instrument Division"* nur ganz kurz mitgeteilt, daß in dieser Abteilung außer dem Vorstand und dem Sekretär im Berichtsjahr 9 Feinmechaniker beschäftigt waren, und daß folgende Arbeiten in dieser Abteilung ausgeführt worden sind: 1165 Instrumente der verschiedenen Arten in Ordnung gebracht, justiert und ins Feld gesandt; die Konstruktion einer neuen Maschine für Gezeiten-Vorhersagung hat beträchtliche Fortschritte gemacht; eine neue Aluminium-Legierung ist auf Veranlassung des Vorstands der Abteilung, E. G. Fischer, von G. T. Ennis in Washington hergestellt worden, die bei sehr geringem spezifischen Gewicht große Festigkeit und Zähigkeit zeigen soll und bereits für viele Instrumententeile mit Vorteil angewandt wird; zwei 50 *m*-Bänder und ein Bandstreckapparat wurden für Brasilien angefertigt; zwei vertikale Kollimatoren wurden gebaut und ins Feld geschickt; ein elektrischer Gezeitenzeiger wurde in New York aufgestellt; der Wasserstandszeiger in Philadelphia wurde mit genauerer und bequemerer Ablesung versehen; nach Beschreibung und Abbildung des Repsoldschen Durchgangsmikrometers ist für die tragbaren Passageinstrumente, die in der *Survey* im Gebrauch sind, ein solches abgeändertes Mikrometer gebaut worden, mit dem die Versuche sehr befriedigend ausgefallen sind (s. u.); nach dem Entwurf von J. F. Pratt ist ein *„Dip Sector"* zur Messung der tatsächlich vorhandenen Kimmtiefe gebaut worden, der bereits eingeführt ist; endlich ist durch Vermittlung der Abteilung eine Anzahl von Instrumenten gewählt und angekauft worden, die zu der Grenzvermessung zwischen der Union und Canada westlich von den Rocky Mountains und der Vermessung der Grenze von Alaska dienen werden.

Sehr ausführlich ist dagegen der Bericht von L. A. Bauer über die Fortschritte der erdmagnetischen Messungen im Berichtsjahr (App. 3). Am Land ist auf 384 Stationen beobachtet worden (dabei 64 bereits früher benutzte Stationen), und es sind 420 Deklinationswerte, 374 Inklinationen und 354 Intensitäten gemessen worden. Die Erforschung der Verteilung des Erdmagnetismus an der Erdoberfläche wird jetzt unter Anwendung genauerer Methoden aber auch auf den Ozean ausgedehnt. Die Vermessungsschiffe der *Survey* sind mit dem in Amerika üblichen Fluid-Kompaß und Azimutalkreis nach Ritchie oder Negus ausgerüstet, der für die Zwecke der Navigation vollständig genügende Genauigkeit gibt, wenn er auch nicht speziell für erdmagnetische Messungen größerer Genauigkeit bestimmt ist. Die Art der Deklinationsmessung, während das Schiff in einem Kreis geführt wird, ist beschrieben: der absolute Fehler soll 5' bis 10' nicht überschreiten. Zur Inklinations- und Intensitätsmessung sind drei Schiffe mit dem Lloyd-Creakschen *Dip Circle* ausgestattet worden, mit

dem zuerst auf dem Schiff „Blake" Messungen zwischen Baltimore und Porto Rico im Februar 1903 gemacht worden sind. Im Berichtsjahr sind (mit Unterstützung durch das Carnegie-Institut in Washington) auf dem Atlantischen und Stillen Ozean zusammen 52 Deklinationen, 34 Inklinationen, 32 Horizontalintensitäten bestimmt worden. Das neue Instrument, das zu Inklinations- und Intensitätsmessungen zur See an die Stelle des seit 70 Jahren benutzten Foxschen trat, Lloydsche Magnetnadeln benutzt und durch den englischen Kapitän Creak wesentliche Verbesserungen erfahren hat, wird genau beschrieben und abgebildet. Die Inklination soll auf dem Schiff in $^3/_4$ bis 1 Stunde Beobachtungszeit ebenfalls auf 5' genau gefunden werden können, die Genauigkeit der relativ bestimmten Totalintensität wird auf $^1/_{200}$ angegeben. Für die Beobachtungen am Land wird als Genauigkeitsforderung 2' für Deklination und Inklination und $^1/_{1000}$ für die Horizontalintensität aufgestellt; nach der Erfahrung Bauers könne unter den gegebenen Umständen einer über sehr große Fläche sich erstreckenden Feldarbeit von wesentlicher Reduktion dieser Fehlergrenzen keine Rede sein (schon mit Rücksicht auf die Fehler der Vergleichung der Instrumente und die Reduktionsfehler der Beobachtungen auf dieselbe Zeit), im Gegensatz zur Observatoriumsarbeit mit Spezialinstrumenten unter günstigsten Bedingungen durch ausgesuchte Beobachter u. s. w. Die Ergebnisse aller einzelnen Messungen werden in den Tabellen aufgeführt.

Eingehend berichtet auch E. Smith über die 1903/04 im Stillen Ozean telegraphisch bestimmten Unterschiede geographischer Längen (App. 4), durch die *der Kreis solcher telegraphischer Bestimmungen rund um die Erde* (im Gegensatz zu den Chronometerlängen) *zum ersten Mal geschlossen ist.* Der Längenunterschied zwischen San Francisco und Manila ist mit Hülfe der Zwischenstationen Honolulu, Midway und Guam bestimmt mit dem Ergebnis:

Durchgangsinstrument in Manila westlich vom Durchgangsinstrument in San Francisco um

$7^h\ 46^m\ 18{,}989^s \pm 0{,}022^s$ w. F.

(Die wahrscheinlichen Fehler der Längenzahlen zwischen den Meridianen der in San Francisco, Honolulu, Midway und Guam benutzten Durchgangsinstrumente betrugen der Reihe nach $\pm 0{,}008$, $\pm 0{,}015$, $\pm 0{,}010$, $\pm 0{,}010^s$, aus ihnen ergibt sich der oben mitgeteilte wahrscheinliche Gesamtfehler). Da in San Francisco das Passageinstrument (1903) um $0{,}004^s$ östl. von dem geodätischen Hauptpunkt S. F., Presidio, stand und in Manila der Turm der Kathedrale um $0{,}224^s$ östl. von dem Ort des Durchgangsinstruments sich befindet, da ferner nach dem Werk *„The Longitude Net of the United States and its Connection with that of Europe 1866—1896"* (App. 2 zum *Report for 1897*; vgl. auch *„The Transcontinental Triangulation", Coast and Geodetic Survey Special Public. Nr. 4. 1900. S. 820 u. 826*) die Länge von

San Francisco, Presidio, $8^h\ 09^m\ 48{,}813^s \pm 0{,}055^s$ (w. F.) westl. v. Greenwich

ist, so ist die Greenwich-Länge von Manila nach den neuen Messungen

Manila, Kathedrale, $15^h\ 56^m\ 07{,}574^s \pm 0{,}059^s$ (w. F.) westl. v. Greenwich

oder

$8^h\ 03^m\ 52{,}426^s \pm 0{,}059^s$ östl. v. Greenwich.

Dieses Ergebnis vergleicht der Verf. nun noch mit der telegraphischen Greenwich-Länge von Manila, wie sie auf den zwei Wegen Greenwich—Potsdam—Pulkowa—Sibirien—Shanghai—Hongkong—Manila und Greenwich—Potsdam—Teheran—Bombay—Madras—Singapur—Hongkong—Manila erhalten wird, und stellt damit eben den telegraphischen Längenumkreis der Erde her. Dieser Schluß ist recht befriedigend. Für die amerikanischen Messungen in der Südsee werden selbstverständlich alle einzelnen Zahlen mitgeteilt.

Harris' wichtige und umfassende Arbeit über die Gezeiten ist im vorliegenden Band (App. 5) beim Abschnitt IV. B, Linien gleichzeitiger Flut und Ebbe für die Meeresoberfläche, angelangt.

Aus den App. 6 und 7, Berichten von Hayford über Fortschritte der Feinnivellierung in Wyoming, Idaho, Texas, sei angeführt, daß die verwendeten Nivellierinstrumente Nr. 7 und 8 (über die in *dieser Zeitschr. 24. S. 27. 1904* berichtet worden ist) 42 *mm* Öffnung des

Fernrohrobjektivs bei 41 *cm* Fokus und eine Libelle von sehr nahezu 2" Teilwert (bei 2 *mm*-Strichen; dies gibt also über 210 *m* Halbmesser des Ausschleifungsbogens) haben. Die vier benutzten Latten, aus altem Fichtenholz mit Paraffinimprägnierung, sind nur in Zentimeter zerlegt, Millimeter werden geschätzt; sie tragen in 3 *m* Abstand zwei Plättchen mit feinen Strichen, deren Entfernung vor und nach dem Feldgebrauch der Latten sehr genau bestimmt wird. Es fand sich, auf 0° reduziert,

	Latte *T*	Latte *U*		Latte R_2	Latte *S*
13. Mai 1903	3 *m* + 1,5 *mm*	3 *m* + 1,3 *mm*	13. Dez. 1902	3 *m* + 0,8 *mm*	3 *m* + 1,3 *mm*
9. Jan. 1904	3 „ + 1,0 „	3 „ + 0,9 „	17. Okt. 1903	3 „ + 0,8 „	3 „ + 1,2 „

Für die Feldkontrolle der Lattenlänge wurde mindestens zweimalige monatliche Messung mit dem Stahlband als genügend angesehen. Die Latten *T* und *U*, die ziemlich starke Veränderung zeigen, waren bei ihrer ersten Absendung ins Feld 1899 3 *m* + 0,7 *mm* und 3 *m* + 0,4 *mm* lang; sie haben, wie es oft bei solchen mit Paraffin getränkten Latten aus Fichtenholz beobachtet wird, während der ersten Feldverwendung an Länge zugenommen auf 3 *m* + 1,5 *mm* und 3 *m* + 1,3 *mm* und sind dann bis Ende Juni 1903 praktisch genau unverändert geblieben, um in dem folgenden halben Jahr um die Hälfte der Zunahme wieder abzunehmen. Die Latten R_2 und *S* zeichnen sich durch große Unveränderlichkeit aus; nach Ausführung der zweiten der oben genannten Nivellierungen, von Holland nach New Braunfels in Texas 1903, zeigten sie, auf 0° reduziert, am

	R_2	*S*
31. März 1904	3 *m* + 0,7 *mm*	3 *m* + 1,2 *mm*

(vgl. damit die Längen am 17. Okt. 1903). Der wahrsch. Kilometerfehler einfacher Nivellierung ist bei diesen Einwägungen ± 0,8 bis ± 1,04 *mm* (m. F. ± 1,2 bis ± 1,5 *mm*).

Im App. 8 teilt **Hayford** eingehend die Prüfung eines genau beschriebenen und abgebildeten Registriermikrometers mit (s. o.). Der bewegte Faden des Transitmikrometers, wie **Hayford** das Instrument lieber bezeichnet sieht, hat Handantrieb; die persönliche Gleichung zwischen zwei beliebigen Beobachtern hat sich bei Verwendung dieses Mikrometers in der Tat so klein gezeigt, daß sie von den zufälligen Beobachtungsfehlern völlig verdeckt wird. Drei Beobachtungsnächte mit dem Transitmikrometer am Durchgangsinstrument und ohne Austausch der Beobachter sind für die Bestimmung eines Längenunterschiedes etwa gleichwertig 10 Beobachtungsnächten nach der seitherigen Methode und mit Austausch der Beobachter gefunden worden. Zur Einleitung seines Aufsatzes gibt **Hayford** eine kurze Geschichte des unpersönlichen Mikrometers und zum Schluß eine ausführliche Aufzählung der Literatur des Gegenstandes mit Auszügen.

Der letzte Abschnitt, App. 9, endlich enthält den I. Teil (mit 21 Netzskizzen) einer sehr ausführlichen Darstellung der Ergebnisse der Triangulation von Kalifornien, von **A. L. Baldwin**. Die Triangulation stützt sich auf zwei Grundlinien I. O., jede etwa 17½ *km* lang, die Yolo-Basis, 1881 gemessen, und die Los Angeles-Basis, 1888—89 gemessen; die Triangulierung ergab sehr guten Anschluß zwischen beiden. Gleichzeitig mit der trigonometrischen Horizontalmessung ist ein trigonometrisches Höhennetz gemessen, das sich auf einige Nivellementslinien stützt, und für das nun hier ebenfalls die Ausgleichung und die Ergebnisse mitgeteilt werden. Auf 11 Sichten, die zu wenigstens ⅔ über Wasserflächen gehen, ist der Wert des Refraktionskoeffizienten bestimmt worden; er schwankt zwischen 0,09 und 0,13, im Mittel war er mit Rücksicht auf die Gewichte 0,105. Für 23 Zielungen über Landflächen erhielt dagegen der Verf. als Minimum 0,066, als Maximum 0,090, als Mittel 0,080. Alle Zenitdistanzmessungen sind bei Tag gemacht. *Hammer.*

Das Kompaßdreieck.

Nach einem Prospekt.

Unter diesem Namen bringt die präzisionsmechanische Werkstatt von **A. Blankenburg** (Berlin S.O., Dresdenerstraße 16) zwei Strahlenzieher in den Handel, die sie nach G. Pellehn (D.R.G.M. 251574) ausführt, und von denen der eine durch einen „Rahmenwinkel" in Gestalt

eines gleichschenklig-rechtwinkligen Dreiecks mit 37 *cm* langer Hypotenuse mit eingesetztem Metallhalbkreis von 13 *cm* Durchmesser und mit 1°- und ¼-Kompaßstrich-Teilung, der andre von zwei „Volldreiecken“ aus klarem Zelluloid mit 30 *cm* langer Hypotenuse gebildet wird; auch in diese Volldreiecke ist je ein Halbkreis mit 1°- und ¼-Strich-Teilung auf der untern Seite eingraviert und mit weißem Lack überzogen, sodaß sich ein weißer Kreisring mit roter Teilung von der darunter liegenden Karte oder Zeichnung scharf abhebt. Beim einen Dreieck geht dabei die Teilung von 0° bis 180° (über N.O. und S.O.), beim andern von 180° bis 360° (über S.W. und N.W.), sodaß beide zusammen einen Vollkreis bilden.

Die Vorrichtungen sind, wie der Name bereits andeutet, vor allem für *nautische* Zwecke bestimmt und werden hier sicher manche teurere oder weniger zuverlässige Instrumente (wobei von jenen der „Alhidadentransporteur“, von diesen die Parallel- und Rollineale, z. B. Fields „*parallel ruler*“ genannt seien) zu verdrängen imstande sein. Die Instrumente machen bei allen Eintragungen auf der Seekarte auf einfachste Weise von den auf diesen Karten meist angegebenen Kompaßrosen unabhängig, und rechtweisendes und mißweisendes Absetzen ist gleich einfach. Nichts hindert selbstverständlich, die neuen „Transporteure“ auch zum Auftragen gewisser Messungen am Land, z. B. zum Absetzen der Horizontalkreisablesungen einer Theodolit-Rundsicht auf einer Station einer Forschungsreise zu benützen. Die Preise sind 6,50 M. für den „Rahmenwinkel“, 11 M. für die zwei „Volldreiecke“. *Hammer.*

Einige neuere Verbesserungen an Vermessungsinstrumenten.

Von E. A. Reeves. *Geograph. Journ., London* **26.** *S. 204. 1905.*

Verf. beschreibt eine von ihm erfundene, in England patentierte und von Cary, Porter & Co. (7, Pall Mall, S.W. London) ausgeführte automatische Klemmung und endlose Feinbewegungsschraube für Sextanten. In die Stirnseite des Sextantenbogens sind Zähne eingeschnitten, in die eine Schraube ohne Ende eingreift. Diese Schraube ist auf der Unterseite der Alhidade derart gelagert, daß sie mittels eines Winkelhebels von dem Sextantenbogen abgehoben werden kann, wodurch die Alhidade zur Vornahme der Grobeinstellung frei beweglich wird. Läßt man den Winkelhebel los, so wird die Schraube ohne Ende mittels einer Feder in die Zähne des Sextantenbogens eingedrückt, und man kann nunmehr durch eine Drehung der Schraube an ihrem geränderten Kopfe die Feineinstellung bewirken.

Der Verf. will durch diese Konstruktion den Übelstand beheben, daß die Feinbewegung bis zu Ende gedreht werden kann, wie es bei den gewöhnlichen Konstruktionen der Fall ist, und wodurch zuweilen Aufenthalt, Ärger und Zeitverlust entstehen. Dem Ref. erscheint dieser Übelstand besonders bei den besseren deutschen Konstruktionen, bei denen man sich durch einen Blick vor der Beobachtung überzeugen kann, ob die Feinbewegung noch genügend Spielraum hat, nicht so wichtig, um statt seiner den wechselnden einseitigen Druck auf den Alhidadenzapfen in Kauf zu nehmen, den bei der Reevesschen Anordnung die Feder ausübt, wenn die Schraube einliegt, und der aufhört, wenn sie abgehoben ist.

E. Kohlschütter.

Elektrischer Ofen mit Kohlerohr.

Von R. S. Hutton und W. H. Patterson. *Chem. News* **91.** *S. 274 u. 285. 1905.*

Von einer der drei beschriebenen Typen elektrischer Öfen mit Kohlerohr als Heizwiderstand, ähnlich wie sie von Lummer und Pringsheim zuerst konstruiert sind (vgl. *diese Zeitschr.* **23.** *S. 122. 1903*) sei die Konstruktion hier wiedergegeben. Ein Kohlerohr von 60 *cm* Länge, 8,2 *cm* äußerem und 6,7 *cm* innerem Durchmesser wird in Karborundum gebettet. Dieses Material, welches von ähnlicher Feuerbeständigkeit wie Magnesia ist, wird wegen seiner reduzierenden Eigenschaften empfohlen. Die Enden der Röhren sind galvanisch verkupfert und in etwas weitere, etwa 25 *cm* lange Kupferrohre eingelötet, welche, um ein Auflöten zu verhindern, mit Wasserkühlung versehen sind. Diese Kupferrohre sind in Klemmbacken gespannt, durch welche die Stromzuführung erfolgt. Da das Kohlerohr nicht in

freier Luft erhitzt werden darf, sind die Enden der Kupferröhren mit durchbohrten Gummistopfen verschlossen, in welchen Glasröhren mit seitlichen Ansatzstutzen münden, um ein reduzierendes Gas durch das Ofenrohr leiten zu können. Die Enden der Glasröhren sind mit Glasplatten verschlossen, durch welche die Vorgänge im Ofen beobachtet werden können. Nachstehende Zahlen über den Stromverbrauch u. s. w. geben ein Bild von der Wirksamkeit des Ofens: 600 Amp. bei 8,6 Volt lassen in 30 Minuten die Temperatur auf 1200° steigen, wobei dann noch ein Temperaturanstieg von 7° in der Minute bleibt; bei 850 Amp. und 13 Volt wird die Schmelztemperatur des Platins erreicht. *Rt.*

Absolute Messung von Selbstinduktionen.

Von E. B. Rosa und W. Grover. *Bull. of the Bureau of Standards* **1.** *S. 125. 1905.*

Die Methode, die in der vorliegenden Präzisionsarbeit angewandt worden ist, besteht darin, daß ein induktionsloser Widerstand R (Fig. 1) und die zu messende Selbstinduktion L, die den ohmischen Widerstand r besitzt, hinter einander geschaltet und von demselben Wechselstrom durchflossen werden. Der Widerstand R wird so reguliert, daß der Spannungsabfall AB gleich dem Spannungsabfall BC wird; diese Gleichheit wird durch ein Elektrometer festgestellt, das erst an die eine, dann an die andere Spannung gelegt wird. Wäre der Wechselstrom genau sinusförmig, so ergäbe sich die Bedingung

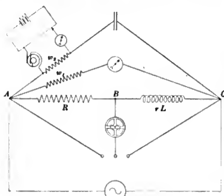


Fig. 1.

$$R^2 = r^2 + \omega^2 L^2,$$

wo $\omega = 2\pi \times$ sekundlicher Periodenzahl ist.

Ist dagegen der Strom nicht sinusförmig, so seien $J_1\, J_3\, J_5 \ldots$ die Amplituden der Grundschwingung und der 3. 5. ... Oberschwingung, die der Strom enthält; dadurch wird die obige Bedingung

$$(J_1^2 + J_3^2 + J_5^2 + \ldots) R^2 = J_1^2 (r^2 + \omega^2 L^2) + J_3^2 (r^2 + 9\,\omega^2 L^2) + J_5^2 (r^2 + 25\,\omega^2 L^2) + \ldots$$

und daraus

$$L = \frac{f}{\omega} \sqrt{R^2 - r^2},$$

wo

$$f = \sqrt{\frac{J_1^2 + J_3^2 + J_5^2 + \ldots}{J_1^2 + 9\,J_3^2 + 25\,J_5^2 + \ldots}}.$$

Zur Bestimmung des Korrektionsfaktors f ist es notwendig, Kurvenaufnahmen zu machen. Da die Verf. mit nahezu sinusförmigen Kurven arbeiten, so ist es vorteilhafter die *Spannungs*-Kurve an AC aufzunehmen, weil infolge der Selbstinduktion L die Oberschwingungen im *Strom* kleiner sind als in der Spannung. Zwischen den Amplituden von zwei zueinander gehörenden Oberschwingungen der Spannung an AC und des Stromes besteht die Beziehung $J_k = E_k / [(R + r)^2 + k^2 \omega^2 L^2]$. Um die Genauigkeit der Werte für E_k möglichst zu erhöhen, wurde noch an AC ein Kondensator gelegt. In dem Ladestrom j des Kondensators treten die Oberschwingungen verstärkt auf; sieht man nämlich von dem Widerstand der Zuleitungen ab, so ist die Amplitude der k-ten Oberschwingung im Ladestrom $j_k = E_k\, k\, \omega\, C$.

Die Verf. haben nun sowohl die Spannungskurve von AC am Widerstand w_1 als auch die Kurve des Ladestromes am Widerstand w_2 aufgenommen; die Aufnahme erfolgte mit dem Kurvenapparat von Rosa (vgl. *diese Zeitschr.* **18.** *S. 257. 1898*). Die Analyse der Kurven er-

streckte sich bis auf die 13. Oberschwingung. Nennenswerte Beträge hatte nur die 3. Oberschwingung. Durch Analyse der Spannungskurve erhielt man aus zwei Versuchen die Werte

$$f = 0{,}998577 \quad \text{und} \quad 0{,}998607;$$

die Analyse des gleichzeitig aufgenommenen Ladestromes des Kondensators C ergab bei zwei Versuchen

$$f = 0{,}998577 \quad \text{und} \quad 0{,}998567.$$

Hieraus ist erkennbar, welcher hohe Grad von Genauigkeit bei Ermittlung dieses Korrektionsgliedes erreicht worden ist.

Um die Konstanz der Periodenzahl möglichst absolut aufrecht zu erhalten, wurde an die Wechselstrommaschine der Aufbau einer absoluten Kapazitätsmessung nach Maxwell (vgl. das Referat in *dieser Zeitschr.* **26.** *S. 35. 1906*) angeschlossen. In dem Brückenzweige dieses Aufbaues befand sich ein empfindliches Galvanometer, welches bei der geringsten Änderung der Periodenzahl seine Einstellung veränderte. Ein Kohlewiderstand, der in den Magnetkreis des antreibenden Gleichstrommotors eingeschaltet war, wurde von Hand so reguliert, daß der Galvanometerzeiger seine Lage möglichst nicht veränderte. Je die fünfzigste Umdrehung der Maschine wird durch einen Kontakt auf einem Chronographen markiert. Auf diese Weise konnte die Periodenzahl bis auf wenige Hunderttausendstel konstant gehalten werden.

Die Messung der Spannungen AB und BC wurde nacheinander mit einem Elektrometer in idiostatischer Schaltung ausgeführt.

Die Spannungen und somit die Elektrometerausschläge sollen einander gleich sein. Tatsächlich wurden in R nacheinander zwei verschiedene Widerstände eingeschaltet, die zugehörigen Elektrometerausschläge beobachtet und durch Interpolation der gewünschte Widerstand gefunden. Diese Methode erfordert ziemlich viel Zeit und Konstanz von Periodenzahl und Elektrometerempfindlichkeit während dieser Zeit. Besser wäre wohl eine Differentialmethode in folgender Schaltung (Fig. 2). Punkt B wird an Nadel und Gehäuse des Quadrantenelektrometers gelegt, A und C an die Quadrantenpaare, und zwar können die letzteren mittels eines Umschalters U gegen einander vertauscht werden. R wird etwas zu groß gewählt und durch einen Nebenschluß zu einer Unterabteilung von R so lange reguliert, bis die Elektrometernadel beim Umschalten von U stehen bleibt. Dann sind die Spannungen an AB und BC einander gleich.

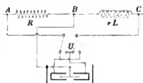


Fig. 2.

Um ein Bild von der erreichten Genauigkeit zu geben, seien die Resultate von 9 Beobachtungssätzen wiedergegeben, die an derselben Rolle angestellt wurden.

R	r	Perioden-zahl	$\frac{\sqrt{R^2 - r^2}}{\omega}$	L
1149,98	97,6	179,551	1,01567	
1141,90	97,75	178,284	1,01564	
1133,93	97,9	177,009	1,01575	1,01428
1132,69	98,05	176,793	1,01586	
1159,76	98,2	181,083	1,01566	
1194,42	97,0	186,550	1,01561	
1193,44	97,3	186,437	1,01540	1,01416
1192,36	97,5	186,230	1,01560	
1192,54	97,7	186,225	1,01577	

Es ist gewiß interessant zu sehen, wie diese einfache Methode imstande ist, Resultate von außerordentlich großer Genauigkeit zu liefern. Sie ist aber nur für niedrige Periodenzahlen anwendbar, weil ihr ein prinzipieller Mangel anhaftet. Dieser liegt darin, daß sie nur die Gesamtimpedanz $\sqrt{r^2 + \omega^2 L^2}$ der Selbstinduktion benutzt und nicht die beiden

Komponenten der Impedanz einzeln liefert. Nun ist die Scheidung bei sehr niedrigen Periodenzahlen doch möglich, weil man für r unbedenklich den ohmischen Widerstand einsetzen kann. Werden aber die Periodenzahlen größer, so ist dies infolge von Wirbelströmen in den Drähten und der Kapazität der Rolle nicht mehr zulässig. Die Rolle verhält sich dann so, als ob sie einen „wirksamen" Widerstand r_1 und die wirksame Selbstinduktion L_1 besitzt. Ohne r_1 zu kennen, ist eine Berechnung von L_1 aus der Impedanz nicht mehr ausführbar. *E. O.*

Neu erschienene Bücher.

H. S. Hallo und **H. W. Land**, Elektrische und magnetische Messungen und Meßinstrumente. 8°. XII, 517 S. m. 343 Fig. Berlin, J. Springer 1906. Geb. in Leinw. 15 M.

Das Buch ist, wie auf dem Titel vermerkt ist, eine freie Bearbeitung und Ergänzung des holländischen Werkes „*Magnetische en Elektrische Metingen*" von G. J. van Swaay, Professor an der technischen Hochschule zu Delft.

Aus der Vorrede zum Original geht hervor, daß Herr van Swaay in Besonderheit die in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt angewandten Meßanordnungen und die daselbst ausgebildeten Methoden und Apparate beschreiben wollte; es war ihm dies im wesentlichen nur dadurch möglich, daß ihm, wie er gleichfalls in der Vorrede hervorhebt, erlaubt worden war, in den Jahren 1899/1900 einige Monate an den Arbeiten der Reichsanstalt teilzunehmen. Der Inhalt seines Buches zeigt nun allerdings, daß er sich an dieser etwas oberflächlichen Bekanntschaft mit den Methoden der Reichsanstalt genügen ließ und die Veröffentlichungen der Reichsanstalt nicht gehörig berücksichtigte.

Obwohl nun bei der „freien Bearbeitung" des holländischen Werkes ein ganz wesentlicher Teil dieser Beschreibungen übernommen worden ist (weggelassen ist der größte Teil der den Beobachtungsprotokollen der Reichsanstalt entnommenen Zahlenbeispiele), so haben es die Bearbeiter nicht für nötig befunden, weder in der Vorrede, noch im Text die Reichsanstalt zu erwähnen. Im Text geschieht es zwar gelegentlich, unter der Abkürzung P.T.R. (ohne Erklärung der Abkürzung!), aber in durchaus ungenügender Weise. So wird man z. B. bei den Kapiteln „Normalwiderstände" und „Kompensationsapparate" den Namen der Reichsanstalt vergeblich suchen. Beim Kadmiumelement, das bekanntlich in brauchbarer Gestalt zuerst in der Reichsanstalt hergestellt wurde, und für dessen Herstellung die Reichsanstalt Vorschriften veröffentlicht hat, findet sich auf *S. 55* nur ein Kapitel „Vorschriften zur Anfertigung von Normal-Kadmiumelementen der Firma Siemens & Halske", obwohl diese Firma mit der Herstellung der Elemente bekanntlich nicht das Geringste zu tun hat.

Diese den Bearbeitern zur Last fallenden Unterlassungssünden würden nicht viel zu bedeuten haben, wenn das Buch wenigstens sachlich Gutes böte. Dem ist aber leider nicht so. Das Ganze ist eine Anhäufung aller möglichen Methoden und Apparate, wobei, da auf Originalarbeiten offenbar fast nirgends zurückgegangen wurde, Wertloses und Brauchbares durcheinander gemengt ist und ganz wichtige und fundamentale Sachen fehlen. Fast jede Seite fordert zum Widerspruch heraus, sodaß es hieße, das Buch umarbeiten, wenn man hier eine nur annähernd vollständige Aufzählung der Mängel machen wollte. Dafür nur einige Beispiele: Im Kapitel „Galvanometer" werden zuerst einige fadenscheinige Formeln mitgeteilt. Die Untersuchungen von Des Coudres, Jaeger und Diesselhorst oder wenigstens die einfachsten Ergebnisse dieser Untersuchungen fehlen. Unter den Konstruktionsformen findet sich das „vierspulige astatische Galvanometer der Firma Keiser & Schmidt, konstruiert von du Bois und Rubens", was wohl Galvanometer von du Bois und Rubens, ausgeführt durch Keiser & Schmidt, heißen sollte. Beschrieben ist nur die alte Form sowie die Modifikation von Szymański, dessen Name nicht genannt ist. Dagegen ist die wichtige neuere Form der Panzergalvanometer garnicht erwähnt. Von den Spulengalvanometern der Firma Siemens & Halske ist im Text nur ein solches von 450 Ohm Spulenwiderstand erwähnt, das man nur in den seltensten Fällen brauchen kann. Eine Aufzählung

der aus jedem Preisblatt von Siemens & Halske zu entnehmenden Ausführungformen und Angabe, für welche Messungen sich die Galvanometer eignen, wäre hier am Platze gewesen. Die prinzipiell wichtige Form der „Saitengalvanometer“ fehlt ganz.

Empfindlichkeitsangaben stehen nur beim Mikrogalvanometer von Rosenthal in ungenügender Vollständigkeit. Die Definition der Empfindlichkeit auf *S. 95* ist unvollständig und entspricht nicht den zuletzt dafür von du Bois und Rubens gegebenen Vorschriften. Um die Empfindlichkeit zu bestimmen, „kann man zwei Wege einschlagen, entweder kann man den das Instrument durchfließenden Strom bestimmen aus elektromotorischer Kraft (wie zu messen?) und Widerstand oder durch Vergleich mit genauen Zeigerinstrumenten; hierbei muß man aber deren Fehler mit in Kauf nehmen“, ein Verfahren, das Verf. kaum in der Reichsanstalt gelernt haben dürfte.

Beim Kapitel „Elektrometer“ findet man eine veraltete Theorie und unvollständige Formeln. So wichtige Apparate wie das Elektrometer von Dolezalek, das Hochspannungselektrometer von Ebert fehlen. Anweisungen über den praktischen Gebrauch der Elektrometer bei Wechselstrommessungen werden nicht gegeben. Über Kurvenaufnahmen schweigt sich das Buch ganz aus.

Beim Kapitel „Selbstinduktionen“ fehlen Name und Methoden von Max Wien vollständig; Selbstinduktionsvariometer, Normalrollen, ihr Verhalten namentlich bei hohen Periodenzahlen, das so überaus wichtig für die Telephonie ist, alles das sucht man vergeblich.

Wie wenig dem Verfasser und den Bearbeitern die besten Namen geläufig sind, ist daraus zu entnehmen, daß in Original und Bearbeitung von Lord „Raleigh“ die Rede ist, in der Übersetzung mehrfach von Carey Forster (statt Foster).

Diese Beispiele zeigen zur Genüge, wie wenig Verfasser und Bearbeiter in der einschlägigen Literatur zu Hause sind, und mit welch geringer Sorgfalt das Ganze kompiliert worden ist.

Was der Verfasser aus Eigenem hinzugefügt hat, wird wohl am besten durch die folgenden Proben aus dem Kapitel „Das absolute Maßsystem“ charakterisiert:

S. 1. „Nach der jetzigen Auffassung sind alle Naturerscheinungen auf Bewegungen zurückzuführen, und weil für den Begriff Bewegung nötig sind: 1. eine Masse, welche sich bewegt, 2. ein Raum, worin die Bewegung stattfindet, und 3. eine Zeit, die für die Bewegung nötig ist, so ist es klar, daß alle Naturerscheinungen nur von Masse, Raum und Zeit abhängig sind, und daß also die Festsetzung von drei Einheiten genügend sein muß zur Messung aller Größen.“ *S. 11.* „Obwohl man davon überzeugt ist, daß auch diese Größen“ (nämlich magnetische und elektrische) „schließlich nur von Länge, Masse und Zeit abhängig sind, so ist es doch bis jetzt noch nicht gelungen, ihre richtigen Dimensionen festzusetzen. Zwar gibt man sowohl im elektrostatischen als im elektrodynamischen System Dimensionsformeln an, aber es leuchtet direkt ein, daß diese Formeln in beiden Systemen, oder wenigstens in einem der beiden, falsch sein müssen (!!). Eine bestimmte Größe, z. B. eine Stromstärke, hat nämlich in den beiden Systemen nicht dieselbe Dimensionsformel, während doch offenbar eine Stromstärke nur in einer einzigen Weise von den Grundeinheiten Länge, Masse und Zeit abhängig sein kann. Das Verhältnis zweier Einheiten derselben Größe in den zwei Systemen sollte selbstverständlich eine reine Zahl sein; bei den Dimensionsformeln, welche man gewöhnlich anwendet, ist dieses Verhältnis jedoch eine einfache Funktion einer Geschwindigkeit.“

Daraus wird klar, daß Verfasser und Bearbeiter keine Ahnung davon haben, daß das absolute Maßsystem etwas Willkürliches ist; die angeführten Sätze sind wohl das Unsinnigste, was in einem Lehrbuch für Studierende über das absolute Maßsystem je geschrieben worden ist.

Die Meßtechnik ist ein schwieriges Gebiet. Gründliche wissenschaftliche Schulung, umfangreiche Literaturkenntnis und langjährige Erfahrung gehören dazu, um ein nutzbringendes Buch darüber zu schreiben. Das vorliegende kann als ein solches nicht bezeichnet werden, und man kann den Studierenden, für die es in erster Linie bestimmt ist, von seiner Benutzung nur abraten. *E. O.*

B. G. Teubners Sammlung v. Lehrbüchern auf dem Gebiete der mathematischen Wissenschaften m. Einschluß ihrer Anwendungen. gr. 8°. Leipzig, B. G. Teubner.

XIV. O. Stolz u. J. A. Gmeiner, Einleitung in die Funktionstheorie. 2., umgearb. u. verm. Aufl. der von den Verf. in der „Theoret. Arithmetik" nicht berücksichtigten Abschnitte der „Vorlesgn. üb. allgemeine Arithmetik" v. O. Stolz. 2. Abtlg. Mit 11 Fig. im Text. VIII u. S. 243—598. 1905. Geb. in Leinw. 9 M.; vollständig in 1 Bd. geb. 15 M.

W. Wien, Über Elektronen. Vortrag. gr. 8°. 28 S. Leipzig, B. G. Teubner 1905. 1 M.

D. W. Wood, *Theoretical and practical Optics.* 8°. 79 S. m. Fig. Chicago 1905. Geb. in Leinw. 5 M.

Benzigers naturwissenschaftliche Bibliothek. kl. 8°. Einsiedeln, Verlagsanstalt Benziger & Co. Geb. in Leinw., jede Nummer 1,50 M.

7. F. Kindler, Die Uhren. Ein Abriß der Geschichte der Zeitmessung. VIII, 189 S. m. 65 Illustr. 1905.

Jahrbuch f. Photographie u. Reproduktionstechnik f. d. J. 1905. Hrsg. v. Dir. Hofr. Prof. Dr. J. M. Eder. 19. Jahrg. 8°. VIII, 572 S. m. 202 Abbildgn. im Text u. 29 Kunstbeilagen. Halle, W. Knapp 1905. 8 M.; geb. in Leinw. 9,50 M.

E. Merck, Prüfung der chemischen Reagenzien auf Reinheit. gr. 8°. IV, 281 S. Darmstadt 1905. Berlin, J. Springer. Geb. in Leinw. 2,50 M.

Untersuchungsmethoden, Chemisch-techn. Mit Benutzg. der früheren v. Dr. F. Böckmann bearb. Aufl., hrsg. v. Prof. Dr. G. Lunge. In 3 Bdn. 3. Bd. 5., vollständig umgearb. u. verm. Aufl. gr. 8°. XXVII, 1305 u. IV S. u. 44 Bl. Berlin, J. Springer 1905. 26 M.; geb. in Halbldr. 28,50 M.

Sammlung Göschen. kl. 8°. Leipzig, G. J. Göschen. Geb. in Leinw., jedes Bdchn. 0,80 M.

252. H. Danneel, Elektrochemie. I. Theoretische Elektrochemie u. ihre physikalisch-chem. Grundlagen. 197 S. m. 18 Fig. 1905.

Handbuch d. anorganischen Chemie. In 4 Bdn. Hrsg. v. Prof. Dr. R. Abegg. II. Bd. 2 Abt. Lex. 8°. IX, 700 S. mit 16 Fig. Leipzig, S. Hirzel 1905. Subskr.-Preis 22 M., geb. 24 M. Einzelpreis 24 M., geb. 26 M.

R. Luther, Die Aufgaben d. Photochemie. Antrittsvorlesung. gr. 8°. 18 S. Leipzig, J. A. Barth 1905. 0,80 M.

A. Righi, Die moderne Theorie der physikalischen Erscheinungen (Radioaktivität, Ionen, Elektronen). Aus dem Ital. von Prof. B. Dessau. 8°. V, 152 S. m. 17 Abbildgn. Leipzig, J. A. Barth 1905. Kart. 2,80 M.

K. Schreber u. P. Springmann, Experimentierende Physik. Zugleich vollständig umgearb. deutsche Ausg. v. Henri Abrahams *Recueil d'expériences élémentaires de physique.* gr. 8°. 1. Bd. VII, 171 S. m. 230 Abbildgn. Leipzig, J. A. Barth 1905. 3,60 M.; geb. in Leinw. 4,40 M.

Notiz.

Hr. Prof. O. Chwolson in St. Petersburg hatte die Freundlichkeit, die Redaktion auf ein im vorigen Jahrgang enthaltenes Versehen aufmerksam zu machen:

In dem Referat über die Arbeit von H. McAllister Randall, Über den Ausdehnungskoeffizienten des Quarzes (*diese Zeitschr.* **25.** *S. 120. 1905*) sind die angegebenen Formeln dahin richtig zu stellen, daß Verf. den wahren Ausdehnungskoeffizienten des Quarzes *bei der Temperatur t* zwischen 0° und 250° zu

$$(7{,}170 + 0{,}01620\,t) \cdot 10^{-6},$$

zwischen 250° und 470° zu

$$[11{,}250 + 0{,}0165\,(t - 250) + 0{,}0000566\,(t - 250)^2 + 0{,}000000134\,(t - 250)^3]\,10^{-6}$$

findet. Daraus ergibt sich die Ausdehnung selbst zwischen 0° und t° im Intervalle 0° bis 250° zu

$$l_t = l_0\,(1 + 7{,}170 \cdot 10^{-6}\,t + 0{,}00810 \cdot 10^{-6}\,t^2).$$

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

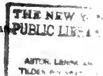
Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Kuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. H. Landolt, Vorsitzender, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. A. Westphal, geschäftsführendes Mitglied, Dr. H. Krüss, Prof. Dr. S. Czapski.

Redaktion: Prof. Dr. St. Lindeck in Charlottenburg-Berlin.

XXVI. Jahrgang. **März 1906.** Drittes Heft.



Vergleichende Betrachtungen über die Empfindlichkeit verschiedener Methoden der Widerstandsmessung.

Von
Prof. Dr. W. Jaeger in Charlottenburg.

Das in der Überschrift angegebene Thema ist meines Wissens noch nicht behandelt worden, und doch sind solche Vergleiche verschiedener Meßmethoden, wie unten näher gezeigt wird, in manchen Fällen von großer Wichtigkeit. Die Angaben, welche in der Literatur über einzelne Methoden, z. B. die Wheatstonesche Brückenmethode zu finden sind, gehen meiner Ansicht nach großenteils von einer unzweckmäßigen Fragestellung aus; infolgedessen treten in den Formeln Größen auf, welche für die in Betracht kommenden praktischen Verhältnisse ohne Bedeutung sind. So wird z. B. häufig die größte Empfindlichkeit der Methode unter der Voraussetzung gesucht, daß eine bestimmte elektromotorische Kraft als Stromquelle gegeben ist, sodaß dann auch der Ballastwiderstand des unverzweigten Stromkreises in die Empfindlichkeitsformel eingeht. Die so ermittelten günstigsten Bedingungen haben aber eine ganz andere Bedeutung, als dem angestrebten Zweck entspricht, und können praktisch z. B. dadurch unbrauchbar sein, daß bei Einhaltung derselben der zu messende Widerstand von einem unzulässig hohen Strom durchflossen wird. Im Gegensatz zu diesen älteren Betrachtungen kommt in den unten abgeleiteten Formeln weder die elektromotorische Kraft der Stromquelle noch der Ballastwiderstand im äußeren Stromkreis vor, sondern als allein maßgebend wird die Belastungsstromstärke des zu messenden Widerstandes bezw. die in diesem verbrauchte elektrische Energie betrachtet.

Zur Messung eines ohmischen Widerstandes mittels Gleichstroms gibt es, auch wenn man nur diejenigen Methoden berücksichtigt, welche eine große Präzision zulassen, eine Anzahl verschiedener Anordnungen, von denen jede ihre besondere Eigentümlichkeit besitzt. Es ist nun von Interesse zu wissen, welche Meßanordnung in einem gegebenen Fall am besten zu wählen ist.

Eine solche Aufgabe kann z. B. entstehen, wenn es sich um genaue Widerstandsmessungen handelt, bei denen aber der betreffende Widerstand mit einer möglichst kleinen Stromstärke belastet werden soll. So dürfen Quecksilbernormale nur eine geringe Erwärmung durch den Meßstrom erfahren, da sonst das Ergebnis infolge des großen Temperaturkoeffizienten des Quecksilbers gefälscht wird. Während hier also einerseits durch Erhöhung der Meßstromstärke eine größere Empfindlichkeit der Messung erreicht werden kann, wird andrerseits die Präzision durch die Höhe der Stromstärke in Frage gestellt. Es handelt sich also darum, eine genügende Empfindlichkeit ohne schädliche Stromwärme zu erhalten, wofür außer der Empfindlichkeit

des angewandten Galvanometers auch die Methode in Betracht kommt. Ähnlich liegen die Verhältnisse bei der Messung eines kleinen Temperaturintervalls durch Widerstandsthermometer (einschließlich Bolometer); dieser Fall soll an anderer Stelle näher erörtert werden. Hierbei kann auch die Frage aufgeworfen werden, wie weit man überhaupt mit Widerstandsthermometern kommen kann, und ob es gegebenenfalls nicht zweckmäßiger ist, kleine Temperaturintervalle mit Thermoelementen zu messen. In der Tat sind die vorliegenden Betrachtungen durch Erwägungen dieser Art veranlaßt worden und haben dazu geführt, die Formeln für die Empfindlichkeit verschiedener Methoden der Widerstandsmessung nach einheitlichen Gesichtspunkten aufzustellen.

In einer früheren Mitteilung[1]) habe ich bereits die Empfindlichkeit der Widerstandsmessung mittels des Differentialgalvanometers (Kohlrauschsche Methode des übergreifenden Nebenschlusses) mit derjenigen der Thomsonschen bezw. Wheatstoneschen Brücke verglichen. Die Darstellung beschränkte sich aber auf Messungen mit dem Nadelgalvanometer und auf die Vergleichung zweier gleich großer Widerstände. Im folgenden möchte ich die Betrachtungen auch auf die Messungen mittels des Drehspulengalvanometers ausdehnen und auf die Vergleichung ungleich großer Widerstände sowie auch auf die Anwendung des Kompensationsapparats.

Die Formeln werden für den Gebrauch dadurch bequem und übersichtlich, daß alle Widerstände auf den zu messenden Widerstand zurückgeführt werden, daß also außer diesem nur Verhältniszahlen in den Formeln vorkommen. Man kann auf diese Weise leicht die Empfindlichkeit für jeden einzelnen Fall beurteilen.

Die Vergleichung der verschiedenen Methoden basiert, wie oben erwähnt, darauf, daß die Belastungsstromstärke i des zu messenden Widerstandes A als maßgebend angesehen wird, daß also diejenige Empfindlichkeit bei der Vergleichung der Methoden in Betracht kommt, welche für gleiche Strombelastung des Meßwiderstandes erhalten wird. In allen Formeln tritt dann, wie sich zeigen wird, der Faktor $i\sqrt{A}$ auf, d. h. die Empfindlichkeit ist in allen diesen Fällen proportional der Wurzel aus der in dem Meßwiderstand umgesetzten elektrischen Energie.

Die Wheatstonesche Brücke wird, um Wiederholungen zu vermeiden, als Spezialform der Thomsonschen Brücke behandelt; die früher für das Differentialgalvanometer bei günstigster Schaltungsweise angegebenen Formeln werden hier allgemein aufgestellt, sodaß sich die früheren daraus als Spezialfall ergeben.

Ehe aber auf die verschiedenen Meßmethoden selbst eingegangen wird, mögen einige Bemerkungen über die Galvanometer und die dabei benutzte Terminologie vorausgeschickt werden, wobei ich mich bezüglich des Drehspulengalvanometers auf meine früheren Mitteilungen darüber beziehe[2]).

Während bei dem Nadelgalvanometer bekanntlich die günstigste Wirkung erreicht wird, wenn sein Spulenwiderstand gleich dem Widerstand des äußeren Schließungskreises ist, kann man beim Drehspulengalvanometer von einem derartigen Spulenwiderstand nicht reden. Das Drehspulengalvanometer ist, wie früher ausgeführt wurde, am günstigsten zu brauchen, wenn es sich in dem Schwingungszustand des aperiodischen Grenzfalls befindet, also so gedämpft ist, daß das bewegliche

[1]) Zur Anwendung des Differentialgalvanometers bei genauen Widerstandsmessungen. *Diese Zeitschr.* **24.** *S. 288. 1904.*

[2]) Das Drehspulengalvanometer nach Deprez-d'Arsonval im aperiodischen Grenzfall. *Diese Zeitschr.* **23.** *S. 261. 1903.* — Die Empfindlichkeit des Drehspulengalvanometers im aperiodischen Grenzfall. *Ebenda S. 353.*

System gerade keine rückläufige Schwingung mehr vollführt. Der diesem Grenzfall zukommende Widerstand w' des Gesamtschließungskreises wurde als „Grenzwiderstand" bezeichnet. Wie nun beim Nadelgalvanometer bei gleicher Schwingungsdauer und gleichem Windungsraum (wenn vom Raum, den die Isolierung einnimmt, abgesehen wird) die Stromempfindlichkeit proportional mit $\sqrt{w}$ ansteigt, wenn w den Spulenwiderstand bezeichnet, so wächst die Stromempfindlichkeit des Drehspulengalvanometers bei gleichbleibender Schwingungsdauer und bei gleicher Direktionskraft der Anfhängung mit der Wurzel aus dem Grenzwiderstand ($\sqrt{w'}$). Seine Stromempfindlichkeit läßt sich also auf einen Grenzwiderstand von 1 Ohm ebenso umrechnen, wie diejenige des Nadelgalvanometers auf einen Spulenwiderstand von 1 Ohm, wobei es ohne Belang ist, ob ein solches Galvanometer wirklich hergestellt werden kann. Die größte Empfindlichkeit erreicht man mit einem Drehspulengalvanometer *ceteris paribus* dann, wenn der Klemmen- bezw. Spulenwiderstand w_k desselben gegen den Widerstand w des äußeren Schließungskreises vernachlässigt werden kann. Ist dies nicht der Fall, so wird die Empfindlichkeit um den Faktor $1 : \sqrt{1 + w_k/w}$ kleiner als in dem Grenzfall $w_k = 0$. Es sei daher bei den folgenden Betrachtungen zunächst angenommen, daß beim Drehspulengalvanometer w_k/w gegen 1 zu vernachlässigen sei, bezw. daß $w_k = 0$ sei.

Man gewinnt durch diese Annahme den Vorteil, daß man die Formeln für das Nadel- und Drehspulengalvanometer gleichzeitig behandeln kann, und daß sich beide nur durch einen Zahlenfaktor voneinander unterscheiden. Der Grenzwiderstand w' beim Drehspulengalvanometer ist daher bei den folgenden Ausführungen meist gleich dem Widerstand des äußeren Schließungskreises angenommen, der andererseits beim Nadelgalvanometer gleich dem Spulenwiderstand desselben zu setzen ist. Es sind aber dann auch weiter die Formeln angegeben, die auftreten, wenn diese Bedingungen für die günstigste Schaltung des Galvanometers nicht erfüllt sind, wie dies häufig der Fall ist, wenn man gegebene Galvanometer benutzen muß. Es empfiehlt sich aber deshalb, die Galvanometer, soweit es angängig ist, für möglichst vielseitigen Gebrauch einzurichten, z. B. beim Nadelgalvanometer jede Spule aus zwei gleichzeitig aufgewickelten Drähten anfertigen zu lassen, wodurch außer einer vermehrten Schaltungsmöglichkeit erreicht wird, daß das Galvanometer für die Differentialmethode verwendbar ist, und daß die Isolation der Windungen geprüft werden kann. Beim Drehspulengalvanometer kann eine Veränderung des Grenzwiderstandes in gewissen Grenzen durch einen verschiebbaren magnetischen Nebenschluß erzielt werden.

I. Thomsonsche bezw. Wheatstonesche Brücke.

Für die Vergleichung ungleich großer Widerstände ist die Thomsonsche bezw. Wheatstonesche Brücke die einzige Methode, welche in Betracht kommen kann. Die Wheatstonesche Brücke kann nur angewandt werden, wenn der Verbindungswiderstand zwischen den zu vergleichenden Widerständen diesen gegenüber zu vernachlässigen ist.

Thomsonsche Brücke.

In dem umstehenden Schema der Thomsonschen Brücke[1]) (Fig. 1) seien A der zu messende Widerstand, der von dem Strom i durchflossen wird (i = Belastungsstrom-

[1]) Vgl. auch die frühere Mitteilung von W. Jaeger, St. Lindeck und H. Diesselhorst, Präzisionsmessungen an kleinen Widerständen in der Thomsonschen Brücke. *Diese Zeitschr.* **23.** *S. 33 u. 65. 1903.* Dort sind auch die wirklich benutzten Schaltungsweisen für Widerstandsbüchsen mit Potentialzuleitungen angegeben.

stärke), B der Vergleichswiderstand, a und b die Verzweigungswiderstände, α und β die Überbrückungswiderstände, die zur Verbindung d der Widerstände A und B parallel gelegt sind und gegen diesen Verbindungswiderstand groß gewählt werden; g sei der Widerstand des vom Strom i_0 durchflossenen Galvanometerzweiges und I die Hauptstromstärke. Es sei dabei angenommen, daß I als unveränderlich angesehen werden kann, wenn die Widerstände der Brücke kleine Veränderungen erfahren; dies wird meist schon dadurch erreicht, daß ein relativ großer Ballastwiderstand in den Hauptstromkreis eingeschaltet ist.

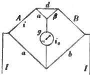


Fig. 1.

Die Stromstärke i_0 im Galvanometerzweig ist dann durch folgende Gleichung bestimmt:

$$i_0 = I\frac{Z}{N} = I\frac{A\,b - a\,B + \frac{d}{\alpha+\beta}\left[b\,(A+\alpha) - a\,(B+\beta)\right]}{\left(g + \frac{\alpha\,\beta}{\alpha+\beta}\right)\left[A + a + B + b\right] + (A+a)\,(B+b) + \frac{d}{a+\beta}\,C} \qquad 1)$$

worin

$$C = \left[g\,(A + a + \alpha + B + b + \beta) + (A + a + \alpha)\,(B + b + \beta)\right]$$

ist.

Die Stromlosigkeit im Galvanometer wird erreicht, wenn $Z = 0$ ist, also z. B. für $\frac{A}{B} = \frac{a}{b} = \frac{\alpha}{\beta}$. Dieser Zustand wird durch Abgleichung der Widerstände hergestellt. Über die Meßmethode selbst, die in verschiedener Weise ausgestaltet werden kann, vgl. die angeführte frühere Veröffentlichung über die Thomsonsche Brücke sowie auch *Wissensch. Abhandl. der Phys.-Techn. Reichsanstalt* **4.** *S. 118. 1904.*

Hier handelt es sich um die Ermittelung der Empfindlichkeit, d. h. es soll für die Nähe des Gleichgewichtszustandes die Änderung der Stromstärke i_0 bestimmt werden, welche einer Änderung der Widerstände A, a, α entspricht. Infolge der Symmetrie der Ausgangsgleichung erhält man dieselbe Empfindlichkeit auch für eine Änderung der Widerstände B, b, β. An Stelle der Hauptstromstärke I ist dann noch die Belastungsstromstärke i einzuführen.

Im Gleichgewichtszustand ist nun, da $Z = 0$ ist,

$$\delta i_0 = I\frac{\delta Z}{N} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 2)$$

und, da durch den Galvanometerzweig kein Strom fließt,

$$I = i\left(\frac{a+A}{a} + \frac{d}{a+b}\cdot\frac{\alpha+\beta}{\alpha+\beta+d}\right) \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 3)$$

Bedeutet nun c_0 den Ausschlag des Galvanometers für 1 Ohm und 1 Ampere, so ist der Ausschlag für einen Widerstand w — wo w beim Nadelgalvanometer den Spulenwiderstand, beim Drehspulengalvanometer den Grenzwiderstand bedeutet (vgl. *S. 71*) —

$$e = c_0\sqrt{w}\,\delta i_0 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 4)$$

und man erhält als Ausschlag für eine Änderung δZ

$$e = c_0\left(\frac{a+A}{a} + \frac{d}{a+b}\cdot\frac{\alpha+\beta}{\alpha+\beta+d}\right) i\sqrt{w}\cdot\frac{\delta Z}{N} \quad . \; . \; . \; . \; . \quad 5)$$

wobei zu setzen ist

$$\delta Z = b\left(1 + \frac{d}{\alpha+\beta}\right)\delta A - \left\{B + \frac{d}{\alpha+\beta}\,(B+\beta)\right\}\delta a$$

$$+ \frac{d}{\alpha+\beta}\left[b - \frac{1}{\alpha+\beta}\left\{b\,(A+\alpha) - a\,(B+\beta)\right\}\right]\delta\alpha \quad . \; . \quad 6)$$

Der für das Galvanometer in Betracht kommende Widerstand des äußeren Schließnngskreises der Brückenkombination (s. Fig. 2) ist, da die Abgleichung nahe erreicht sein soll,

$$W = \frac{\alpha\,\beta\,(A+a+B+b) + (A+a)\,(B+b)\,(\alpha+\beta) + d\,(A+a+\alpha)\,(B+b+\beta)}{(\alpha+\beta)\,(A+a+B+b) + d\,(A+a+\alpha+B+b+\beta)} \quad . \quad 7)$$

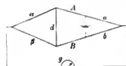


Fig. 2.

Im Gleichgewichtszustand ($i_0 = 0$) werden die Gleichungen sehr vereinfacht; setzt man

$$\frac{B}{A} = \frac{b}{a} = \frac{\beta}{\alpha} = n \quad . \; . \; . \; . \; . \quad 8)$$

so erhält man

$$W = (A + a + \alpha)\,\frac{n}{1+n} \quad . \; . \; . \; . \; . \quad 9)$$

$$N = [g\,(1+n) + n\,(A+a+\alpha)]\left[(A+a) + \frac{d}{\alpha\,(1+n)}\,(A+a+\alpha)\right] \quad . \; . \quad 10)$$

und

$$\delta Z = n\,a\left[A\left(1 + \frac{d}{\alpha\,(1+n)}\right)\frac{\delta A}{A} - \left(A + \frac{d}{\alpha\,(1+n)}\,(A+\alpha)\right)\frac{\delta a}{a} + \left(\frac{d}{1+n}\right)\frac{\delta \alpha}{\alpha}\right] \quad 11)$$

Führt man nun die günstigsten Werte für das Nadelgalvanometer ($g = W$) und für das Drehspulengalvanometer ($g = 0$, $w' = W$) ein, so ergibt sich

a) für das Nadelgalvanometer

$$N = 2\,(A+a+\alpha)\left[n\,(A+a) + \frac{d}{\alpha}\cdot\frac{n}{1+n}\,(A+a+\alpha)\right] \quad . \; . \; . \; . \quad 12)$$

b) für das Drehspulengalvanometer

$$N' = N/2 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 13)$$

Für beide Galvanometer gelten somit bei der günstigsten Schaltungsweise bis auf den Faktor 2 dieselben Gleichungen.

Um die Formeln nur von dem zu messenden Widerstand A abhängig zu machen, sei noch eingeführt

$$a = m\,A, \qquad \alpha = \mu\,A, \qquad d = \nu\,A \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 14)$$

sodaß also die verschiedenen Widerstände der Brücke (Fig. 1) folgende Werte haben

$$\left.\begin{array}{lll} A = A, & B = n\,A, & d = \nu\,A \\ a = m\,A, & b = n\,m\,A & \\ \alpha = \mu\,A, & \beta = n\,\mu\,A & \end{array}\right\} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 15)$$

Setzt man noch znr Abkürzung

$$r = 1 + \frac{\nu}{\mu\,(1+n)}, \qquad s = 1 + \frac{\nu}{\mu\,(1+n)}\cdot(1+\mu), \qquad t = \frac{\nu}{1+n} \quad . \quad 16)$$

so findet man für das Drehspulengalvanometer

$$c = c_0\,\frac{1}{r}\cdot\frac{i\sqrt{A}}{\sqrt{\left(1+\frac{1}{n}\right)(1+m+\mu)}}\left(r\,\frac{\delta A}{A} - s\,\frac{\delta a}{a} + t\,\frac{\delta \alpha}{\alpha}\right) \quad . \; . \; . \quad 17)$$

Da d meist klein gegen α und β ist, also ν klein gegen μ, so kann man die Glieder, welche ν enthalten, für die Empfindlichkeits-Betrachtung im allgemeinen vernachlässigen.

Bezeichnet man die in Bruchteilen der betreffenden Widerstände ausgedrückten Änderungen $\frac{\delta A}{A}$, $\frac{\delta a}{a}$, $\frac{\delta \alpha}{\alpha}$ mit ε, so wird der Ausschlag c des Galvanometers für eine

Änderung der Widerstände a oder A, auf die es gewöhnlich allein ankommt[1]), um den Bruchteil ε

beim *Drehspulengalvanometer*

$$c = c_0\,\varepsilon \cdot \frac{i\sqrt{A}}{\sqrt{\left(1+\frac{1}{n}\right)(1+m+\mu)}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 18\text{a)}$$

wobei der Spulenwiderstand $g = 0$ nnd der Grenzwiderstand $w' = A\,\frac{1+m+\mu}{1+\frac{1}{n}}$ ist,

beim *Nadelgalvanometer*

$$c = c_0\,\varepsilon \cdot \frac{i\sqrt{A}}{2\sqrt{\left(1+\frac{1}{n}\right)(1+m+\mu)}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 18\text{b)}$$

wobei der Spulenwiderstand $g = A\,\frac{1+m+\mu}{1+\frac{1}{n}}$ ist.

Wheatstonesche Brücke.

Indem man $\mu = 0$ setzt, erhält man aus den obigen Gleichnngen die Empfindlichkeit für die Wheatstonesche Brückenmethode (Fig. 3), nämlich

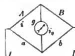


Fig. 3.

beim *Drehspulengalvanometer*

$$c = c_0\,\varepsilon \cdot \frac{i\sqrt{A}}{\sqrt{\left(1+\frac{1}{n}\right)(1+m)}}, \qquad g = 0, \qquad w' = A\,\frac{1+m}{1+\frac{1}{n}} \quad \ldots \quad 19\text{a)}$$

beim *Nadelgalvanometer*

$$c = c_0\,\varepsilon \cdot \frac{i\sqrt{A}}{2\sqrt{\left(1+\frac{1}{n}\right)(1+m)}}, \qquad g = A\,\frac{1+m}{1+\frac{1}{n}} \quad \ldots\ldots \quad 19\text{b)}$$

Eine Disknssion dieser Formeln wird später erfolgen.

Nicht günstigste Schaltung des Galvanometers. Sind die Galvanometer nicht dem Außenwiderstand $W = A\,\frac{1+m+\mu}{1+\frac{1}{n}}$ entsprechend geschaltet, sondern ist

beim *Drehspulengalvanometer*

der Grenzwiderstand $w' = l\,W$ (statt W)
der Spulenwiderstand $g = k\,W$ (statt 0) $\Big\}$ ...... 20a)

beim *Nadelgalvanometer*

der Spulenwiderstand $g = l\,W$ (statt W) ...... 20b)

[1]) Bei einer Änderung von a ist der Ausschlag noch mit dem Faktor $\frac{\nu}{1+n}$ zu multiplizieren.

so sind die obenstehenden Gleichungen für die Empfindlichkeit der Thomsonschen bezw. Wheatstoneschen Brückenmethode

$$\left.\begin{array}{ll}\text{beim Drehspulengalvanometer noch mit} & \dfrac{\sqrt{l}}{1+k} \\ \text{beim Nadelgalvanometer mit} & 2\dfrac{\sqrt{l}}{1+l}\end{array}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 21)$$

zu multiplizieren. Die Empfindlichkeit vermindert sich entsprechend diesem Faktor, der für $l = 1$ bezw. $k = 1$ zu 1 wird. Eine Tabelle für $2\sqrt{l}/(1+l)$ siehe *S. 81*.

II. Differentialgalvanometer-Methode.

Bei dieser Methode hat es nur Zweck, die Vergleichung von Widerständen nahe gleicher Größe in Betracht zu ziehen, weil sonst die Vorteile der Methode, die in der Vertauschung der Anordnung durch den Kommutator liegen (vgl. die in der Anmerkg. 1) auf *S. 70* zitierte Mitteilung), verloren gehen. Auch kann man sich hier auf das Nadelgalvanometer beschränken, da Drehspulengalvanometer mit differentialer Wicklung, wenigstens solche von großer Empfindlichkeit, nicht gebaut werden, und deren Bau auch wohl mit prinzipiellen Schwierigkeiten verknüpft ist. Doch würden sich die Betrachtungen ebenso leicht wie bei den anderen Methoden auch auf diese Instrumente ausdehnen lassen. Wegen der Meßmethode selbst sei auf die frühere Mitteilung verwiesen; im vorliegenden Falle kommt es nur auf eine schematische Darstellung der Hauptschaltung an, während die tatsächliche Schaltungsweise eine andere ist als die in Fig. 4 gezeichnete.

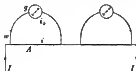


Fig. 4.

Mit A sind die zu vergleichenden Widerstände bezeichnet, die von dem Strom i durchflossen werden. Die beiden Galvanometerspulen, welche sich in ihrer elektrodynamischen Wirkung aufheben und die je den Widerstand g besitzen, sind getrennt gezeichnet; jeder dieser Spulen sei noch ein Ballastwiderstand $w = mA$ vorgeschaltet. Dann ist

$$i_0 = I\frac{A}{w+g+A} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 22)$$

und, wenn wieder $\varepsilon = \delta A/A$ gesetzt und dann $I = i\dfrac{w+g+A}{w+g}$ eingeführt wird,

$$\delta i_0 = \frac{iA\varepsilon}{w+g+A} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 23)$$

Hat nun c_0 dieselbe Bedeutung wie früher (bezogen auf den ganzen Wicklungsraum des Differentialgalvanometers), so ist der Ausschlag, bezogen auf die eine Hälfte des Wicklungsraumes vom Widerstand g — wobei dann also der ganze Wicklungsraum den Widerstand $2g$ besitzt —

$$c = \frac{c_0}{2}\sqrt{2g} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 24)$$

somit der Ausschlag für den Strom δi_0

$$c = c_0\varepsilon\frac{iA}{w+g+A}\cdot\sqrt{\frac{g}{2}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 25)$$

Der günstigste Spulenwiderstand ist nun

$$g = w + A = A(1+m) \quad \ldots\ldots\ldots \quad 26)$$

Wenn der Widerstand der einen Spulenhälfte diesen Wert besitzt, so ist die Empfindlichkeit

$$c = c_0 \varepsilon \cdot \frac{i \sqrt{A}}{2\sqrt{2}\sqrt{1+m}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 27)$$

Im Fall eines anderen Spulenwiderstandes, wenn nämlich

$$g = l(w + A) \quad \text{ist} \quad (\text{statt } w + A) \quad \ldots\ldots\ldots \quad 28)$$

hat man die Empfindlichkeit noch mit dem Faktor $\frac{2\sqrt{l}}{1+l}$ zu multiplizieren, der für $l = 1$ zu 1 wird.

Die größtmögliche Empfindlichkeit erhält man für $w = 0$, nämlich

$$c = c_0 \varepsilon \cdot \frac{i\sqrt{A}}{2\sqrt{2}}, \qquad g = A \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 29)$$

III. Kompensationsmethode.

Auch hier hat nur die Vergleichung von Widerständen nahe gleicher Größe Bedeutung, da anderenfalls die Umschaltung des Apparates zuviel Zeit erfordert, während deren sich der Meßstrom ändern kann, und da das Verhältnis der Widerstände des Kompensationsapparates, das bei Vergleichung gleich großer Widerstände nicht in das Messungsergebnis eingeht, dann mittels einer anderen Methode erst bestimmt werden muß.

Der zu messende Widerstand, der vom Strom i (Belastungsstrom) durchflossen wird, sei wieder mit A bezeichnet (Fig. 5). Der Widerstand des Kompensationsapparats, an dem die Spannung iA kompensiert wird, sei $w = mA$ und der durch diesen fließende Strom I. Der bei nicht vollständiger Kompensation durch das Galvanometer vom Widerstand g (Nadel- oder Drehspulengalvanometer) fließende Strom sei i_0; im Gleichgewichtszustand ($i_0 = 0$) ist dann $Iw = iA$.

Fig. 5.

Der Widerstand des äußeren Schließungskreises für das Galvanometer ist $W = A + w$; bei der günstigsten Schaltungsweise gelten für g bezw. w' die gleichen Bedingungen wie früher.

Beim Drehspulengalvanometer ist daher die Änderung von i_0 in der Nähe des Gleichgewichtszustandes für eine Änderung von A

$$\delta i_0 = \frac{\delta A}{W} i = \frac{A}{W} i \frac{\delta A}{A},$$

für eine Änderung von w

$$\delta i_0 = \frac{\delta w}{W} I = \frac{A}{W} i \frac{\delta w}{w}.$$

Wird $\delta A/A$ bezw. $\delta w/w$ wie früher mit ε bezeichnet, so erhält man in beiden Fällen

$$\delta i_0 = \frac{A}{W} i \varepsilon \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad 30)$$

Beim Nadelgalvanometer tritt wieder im Nenner der Faktor 2 hinzu.

Der Ausschlag c des Galvanometers für eine solche Widerstandsänderung beträgt also bei der günstigsten Schaltungsweise nach dem Früheren

beim *Drehspulengalvanometer*

$$c = c_0 \varepsilon \cdot \frac{i\sqrt{A}}{\sqrt{1+m}}, \quad g = 0, \quad w' = A(1+m) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 31a)$$

beim *Nadelgalvanometer*

$$c = c_0 \varepsilon \cdot \frac{i\sqrt{A}}{2\sqrt{1+m}}, \quad g = A(1+m) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 31b)$$

Haben die Galvanometer nicht die günstigste Schaltung, so treten dieselben Faktoren wie früher auf (vgl. *S. 75*, Gl. 21).

Die Empfindlichkeit wird *ceteris paribus*, wie man sieht, um so größer, je kleiner m ist, d. h. also je kleiner der Widerstand des Kompensationsapparats zu dem zu messenden Widerstand ist, doch gewinnt man nicht mehr viel, wenn m bereits wesentlich kleiner als 1 ist.

Für $m = 1$ ($w = A$) wird die Empfindlichkeit um $\sqrt{2}$ kleiner als im günstigsten Grenzfall ($m = 0$), wo

$$c = c_0 \varepsilon \cdot \frac{i\sqrt{A}}{2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 32)$$

ist.

Bei Kompensationsapparaten, die, wie z. B. derjenige von Siemens & Halske, auf dem Prinzip der Parallelschaltung einzelner Dekaden beruhen, wechselt die Empfindlichkeit je nach der Einstellung der Kurbeln.

IV. Zusammenstellung der Formeln.

Im folgenden seien die Formeln für die drei Meßmethoden nochmals übersichtlich zusammengestellt, woran sich dann die Vergleichung der Methoden bequem anschließt.

Bei der Thomsonschen Brücke sind, wie erwähnt, in den meisten Fällen die Glieder, welche den Verbindungswiderstand d enthalten, für diese Betrachtungen zu vernachlässigen. Nur bei der Messung sehr kleiner Widerstände, wo der Verbindungswiderstand im Verhältnis zu den zu vergleichenden Widerständen beträchtliche Werte annehmen kann, und in besonderen Fällen, wo der Widerstand von d durch irgendwelche Versuchsbedingungen groß ausfällt, würden diese Glieder Bedeutung gewinnen. Für diese Fälle sei auf die vorstehenden ausführlichen Formeln verwiesen (vgl. auch die erwähnte Mitteilung über Präzisionsmessungen an kleinen Widerständen); hier sollen nur die einfachen Formeln Platz finden, bei denen die Glieder mit d zu vernachlässigen sind.

In allen diesen Formeln tritt der Faktor $c_0 \varepsilon (i\sqrt{A})$ auf, in welchem bedeutet

c_0 die Empfindlichkeit (Ausschlag) des Galvanometers für 1 Ohm und 1 Ampere (vgl. die genauere Definition *S. 72*, Gl. 4),

A den zu messenden Widerstand,

i die Belastungs-Stromstärke desselben,

ε die Änderung des Widerstandes A oder der Brückenwiderstände in Bruchteilen des betreffenden Widerstandes (z. B. $\delta A/A$). Zur Abkürzung sei dann gesetzt

$$E = c_0 \varepsilon (i\sqrt{A}) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 33)$$

Ferner war

g der Galvanometerwiderstand,

W der Widerstand des äußeren Schließungskreises des Galvanometers,

w' der Grenzwiderstand (bei Drehspulengalvanometern),

$$\left.\begin{array}{l} n = \frac{B}{A} = \frac{b}{a} = \frac{\beta}{\alpha} \\ m = \frac{a}{A}, \quad \mu = \frac{\alpha}{A} \end{array}\right\}$$ bei den Widerständen der Thomsonschen Brücke (Fig. 1, S. 72),

$w = m\,A$ bei der Differentialmethode der Ballastwiderstand im Galvanometerkreis (Fig. 4, S. 75),

$w = m\,A$ bei der Kompensationsmethode der Kompensationswiderstand (Fig. 5, S. 76).

Allgemein ist gesetzt

		günstigster Fall
beim Drehspulengalvanometer	$g = k\,W$	$k = 0$
	$w' = l\,W$	$l = 1$
beim Nadelgalvanometer	$g = l\,W$	$l = 1$

Dann ergeben sich folgende Formeln für den Ausschlag c des Galvanometers und den Widerstand W, aus dem auch der Galvanometerwiderstand g und der Grenzwiderstand w' nach obigen Beziehungen zu berechnen sind:

1. Thomsonsche Brücke. Spezialfall: Wheatstonesche Brücke ($\mu = 0$).

$$W = \frac{1 + m + \mu}{1 + \frac{1}{n}} A \quad \text{34)}$$

Drehspulengalvanometer

$$c = \frac{E}{\sqrt{\left(1 + \frac{1}{n}\right)(1 + m + \mu)}} \cdot \frac{\sqrt{l}}{1 + k} \qquad g = k\,W, \quad w' = l\,W \quad \text{35a)}$$

Nadelgalvanometer

$$c = \frac{E}{2\sqrt{\left(1 + \frac{1}{n}\right)(1 + m + \mu)}} \cdot \frac{2\sqrt{l}}{1 + l} \qquad g = l\,W \quad \text{35b)}$$

2. Differentialmethode.

$$W = (1 + m)\,A \quad \text{36)}$$

Nadelgalvanometer

$$c = \frac{E}{2\sqrt{2}\,\sqrt{1 + m}} \cdot \frac{2\sqrt{l}}{1 + l} \qquad g = l\,W \quad \text{37)}$$

3. Kompensationsmethode.

$$W = (1 + m)\,A \quad \text{38)}$$

Drehspulengalvanometer

$$c = \frac{E}{\sqrt{1 + m}} \cdot \frac{\sqrt{l}}{1 + k} \qquad g = k\,W, \quad w' = l\,W \quad \text{39)}$$

Nadelgalvanometer

$$c = \frac{E}{2\sqrt{1 + m}} \cdot \frac{2\sqrt{l}}{1 + l} \qquad g = l\,W \quad \text{40)}$$

V. Vergleichung der verschiedenen Methoden.

Zum Zweck der Vergleichung der Empfindlichkeit bei den verschiedenen Methoden kann man sich auf die Formeln für das Nadelgalvanometer in der günstigsten Schaltung desselben ($l = 1$) beschränken, das in allen Methoden Anwendung finden kann. Für die Differentialmethode soll dabei die günstigste Schaltung des Galvanometers angenommen werden, bei der kein Ballastwiderstand vorgeschaltet, also $m = 0$ und $g = A$ ist, was sich allerdings bei kleinen Widerständen nicht mehr verwirklichen läßt. Es werden auf diese Weise die günstigsten Fälle in Beziehung gesetzt, die bei den betreffenden Methoden möglich sind. Da sich die Differentialmethode nur auf die Messung von nahe gleich großen Widerständen erstreckt, so brauchen die verschiedenen Methoden auch nur für diesen Fall verglichen zu werden.

Man erhält dann die folgenden Formeln:

1. *Thomsonsche Brücke:*

$$g = \frac{1 + m + \mu}{1 + \frac{1}{n}} A \qquad c = \frac{E}{2\sqrt{\left(1 + \frac{1}{n}\right)(1 + m + \mu)}} \quad \ldots \quad 41)$$

2. *Wheatstonesche Brücke:*

$$g = \frac{1 + m}{1 + \frac{1}{n}} A \qquad c = \frac{E}{2\sqrt{\left(1 + \frac{1}{n}\right)(1 + m)}} \quad \ldots \quad 42)$$

3. *Differentialmethode:*

$$g = A \qquad c = \frac{E}{2\sqrt{2}} \quad \ldots \quad 43)$$

4. *Kompensationsmethode:*

$$g = A(1 + m) \qquad c = \frac{E}{2\sqrt{1 + m}} \quad \ldots \quad 44)$$

Die Empfindlichkeit der Thomsonschen Brücke ist bei gleicher Strombelastung des zu messenden Widerstandes um den meist nicht unerheblichen Faktor

$$\frac{1}{\sqrt{1 + \frac{\mu}{1 + m}}} \quad \ldots \quad 45)$$

kleiner als diejenige der Wheatstoneschen Brücke, wenn in beiden Fällen dasselbe Galvanometer in der günstigsten Schaltungsweise benutzt wird, d. h. der Spulenwiderstand desselben bei der Thomsonschen Brücke um den Faktor $1 + \frac{\mu}{1 + m}$ größer ist als bei der Wheatstoneschen.

Bei der Wheatstoneschen Methode ergeben sich für die Vergleichung von gleich großen Widerständen drei verschiedene Möglichkeiten, nämlich (vgl. Fig. 3, *S. 74*)

I. $B = A$ $(n = 1)$; II. $a = A$ $(m = 1)$; III. $b = A$ $(nm = 1)$.

Im Fall I) erhält man die größte Empfindlichkeit für $m = 0$ (bezw. sehr klein), im Fall II) für $n = \infty$ (bezw. sehr groß); diese Empfindlichkeit ist dann in beiden Fällen ausgedrückt durch

$$c = \frac{E}{2\sqrt{2}}.$$

Im Fall III) erreicht man die größte Empfindlichkeit für gleichzeitig $m = 0$ (bezw. sehr klein) und $n = \infty$ (bezw. sehr groß); diese Empfindlichkeit wird ausgedrückt durch

$$c = \frac{E}{2}.$$

Wenn endlich (Fall IV) alle vier Widerstände gleich sind ($m = n = 1$), erhält man

$$c = \frac{E}{4}, \qquad g = A,$$

d. h. die Empfindlichkeit ist nur halb so groß als im Fall III) und $\sqrt{2}$-mal kleiner als in den Fällen I) und II) bei empfindlichster Anordnung.

Es ergibt sich also die folgende Zusammenstellung für die jedem der vier Fälle entsprechende günstigste Schaltungsweise:

I. $B = A$	$n = 1$	$m = 0$	$g = A/2$	$c = E/2\sqrt{2}$
II. $a = A$	$m = 1$	$n = \infty$	$g = 2A$	$c = E/2\sqrt{2}$
III. $b = A$	$nm = 1$	$m = 0, \; n = \infty$	$g = A$	$c = E/2$
IV. $b = a = A$	$n = m = 1$	$n = m = 1$	$g = A$	$c = E/4$

Die erwähnten Grenzfälle ($m = 0, n = \infty$) lassen sich natürlich nie ganz erreichen, aber man kann denselben sehr nahe kommen. In Fig. 6 sind schematisch

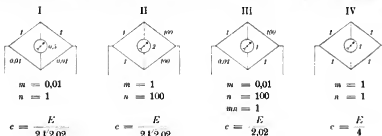


Fig. 6.

die vier Fälle durch ein Beispiel erläutert, bei denen dies noch nahe zutrifft; die beigeschriebenen Ziffern sollen den Widerstandswert ausdrücken, wobei der zu messende Widerstand gleich 1 gesetzt ist. Der Widerstandswert für das Galvanometer ist abgerundet.

Beim Kompensationsapparat beträgt die größte überhaupt erreichbare Empfindlichkeit (Grenzfall von $m = 0$)

$$c = \frac{E}{2},$$

die aber nur bei Messung von Widerständen eines größeren Betrags angenähert realisiert werden kann. Dieser Fall ergibt dann dieselbe Empfindlichkeit wie der Fall III) bei der Wheatstoneschen Brücke, während die Fälle I) und II) dieser Methode dieselbe Empfindlichkeit wie bei der Differentialmethode erreichen lassen ($E/2\sqrt{2}$).

Bei günstiger Schaltungsweise, die allerdings nicht stets verwirklicht werden kann, sind also die drei Methoden *2.* bis *4.* nahe gleichwertig, während die Thomsonsche Brücke eine wesentlich geringere Empfindlichkeit ergibt.

Die durch $c = E/2$ ausgedrückte Empfindlichkeit stellt die größte, mit diesen Methoden überhaupt erreichbare dar. Ist es indessen bei Fall III) der Wheatstoneschen Brücke angängig, wie das unter Umständen (z. B. bei Bolometeranordnungen

möglich ist, die Widerstände A und b in derselben Weise zu beeinflussen und um denselben Betrag gleichzeitig zu ändern, so kann die Empfindlichkeit

$$c = E = c_0 \, \varepsilon \, (i \sqrt{A})^2$$

erreicht werden, wobei $g = A$ ist.

Durch einige Beispiele wird die Bedeutung der abgeleiteten Formeln noch klarer hervortreten.

VI. Zahlenbeispiele.

Zunächst mögen für die Thomsonsche Brücke, die das weiteste Anwendungsbereich besitzt, einige Beispiele angegeben werden, wozu die Unterlagen in den bereits zitierten Mitteilungen zu finden sind.

Bei Anwendung eines Nadelgalvanometers kommen die Formeln 34) und 35b) in Betracht (vgl. auch Fig. 1, *S. 72*).

Beispiele für die Thomsonsche Brücke.

	I	II
A	= 0,001 Ohm	1 Ohm
B	= 0,01 „	1 „
a	= 10 „	100 „
b	= 100 „	100 „
α	= 30 „	10 „
β	= 300 „	10 „
n	= 10	1
m	= 10000	100
μ	= 30000	10
W	= 36,4 Ohm	55 Ohm
$\left(1+\frac{1}{n}\right)(1+m+\mu)$	= 44000	222

Das Galvanometer müßte also im Beispiel I (Vergleichung eines Widerstandes von 0,001 Ohm mit einem solchen von 0,01 Ohm) auf 36,4 Ohm, im Beispiel II (Vergleichung zweier Widerstände von 1 Ohm) auf 55 Ohm geschaltet sein, damit die günstigste Wirkung erreicht wird. Indessen kann man sich von dieser günstigsten Schaltung des Galvanometerwiderstandes ziemlich weit entfernen, ohne daß man erheblich an Empfindlichkeit verliert; dies geht aus der folgenden Zusammenstellung für den Faktor $2\sqrt{l}/(1+l)$ hervor:

l	$\frac{2\sqrt{l}}{1+l}$
1	1
2 oder $^1/_2$	0,943
3 „ $^1/_3$	0,866
4 „ $^1/_4$	0,800
5 „ $^1/_5$	0,745

Wenn der Galvanometerwiderstand das Doppelte oder die Hälfte des günstigsten Betrages besitzt, tritt somit erst ein Empfindlichkeitsverlust von etwa 6% ein. Daher durfte für die angegebenen Beispiele die Schaltung von 20 bezw. 80 Ohm für den Galvanometerwiderstand, die bei dem betreffenden Galvanometer hergestellt werden konnte, statt der oben berechneten günstigsten Widerstände in Verwendung kommen, ohne daß dadurch die Empfindlichkeit der Messung wesentlich verändert wird. Unter

Vernachlässigung der dadurch eintretenden Empfindlichkeitsverringerung ergeben sich dann nach Formel 35b) in runden Zahlen die Empfindlichkeiten

$$\text{Beispiel I: } c = \frac{E}{420}, \qquad \text{Beispiel II: } c = \frac{E}{30}.$$

In der Voraussetzung, daß $i\sqrt{A}$, also auch die in dem Meßwiderstand umgesetzte Energie, in beiden Fällen gleich groß ist, verliert man somit bei Beispiel I, d. h. überhaupt bei der Messung kleiner Widerstände mit der Thomsonschen Brücke, erheblich an Empfindlichkeit. Dies läßt sich nur dadurch kompensieren, daß bei kleinen Widerständen eine größere Stromstärke angewendet wird, was in den meisten Fällen auch zulässig sein wird. Der Grund dieser Empfindlichkeitsabnahme bei der Messung kleiner Widerstände liegt darin, daß die Vergleichswiderstände a und b und die Überbrückungswiderstände α und β keinen zu kleinen Betrag annehmen dürfen; dadurch werden die Zahlen m und μ sehr groß.

Zur Messung von Widerständen ungleichen Betrags steht keine andere Methode als die Thomsonsche Brücke zur Verfügung, während bei annähernd gleichen Widerständen außerdem die Differentialmethode und die Kompensationsmethode angewandt werden können. Auch bei diesen beiden Methoden tritt eine Empfindlichkeitsverringerung — unter der Annahme $i\sqrt{A} = \text{konst.}$ — für die Messung kleiner Widerstände ein, und zwar bei der Differentialmethode, weil der Widerstand des Galvanometers eine untere Grenze besitzt, bei dem Kompensationsapparat, weil dasselbe für den Kompensationswiderstand gilt. Das Differentialgalvanometer ist also dann nicht auf den günstigsten Widerstand geschaltet, und es tritt bei der Empfindlichkeitsformel noch der Faktor $2\sqrt{l}/(1+l)$ hinzu, wo $l = g/A$ zu setzen ist und mit abnehmendem Widerstand wächst. In analoger Weise ist der bei der Kompensationsmethode auftretende Zahlenfaktor $m = w/A$ zu setzen, wenn w den Kompensationswiderstand bedeutet.

In der folgenden Zusammenstellung sind unter dieser Annahme einige Beispiele berechnet für die Vergleichung zweier gleicher Widerstände ($n = 1$) von 0,001, 0,1, 1 und 10 Ohm mit der Thomsonschen Brücke, der Differentialmethode und der Kompensationsmethode, und zwar, unter der Annahme, daß dasselbe Nadelgalvanometer für die verschiedenen Methoden benutzt wird, mittels der Formeln

Thomsonsche Brücke	$c = \frac{E}{2\sqrt{2}\sqrt{1+m+\mu}}$	$g = \frac{A}{2}(1+m+\mu)$
Differentialmethode	$c = \frac{E}{2\sqrt{2}} \cdot \frac{2\sqrt{l}}{1+l}$	$g = lA$
Kompensationsmethode	$c = \frac{E}{2\sqrt{1+m}}$	$g = A(1+m)$

Dabei ist für die Thomsonsche Brücke angenommen $a = b = 100$ Ohm, $\alpha = \beta = 10$ Ohm, für das Galvanometer ist hierbei die günstigste Schaltung 55 Ohm vorausgesetzt. Für die Differentialmethode ist dasselbe Galvanometer mit der Schaltung auf 10 Ohm für alle Fälle angenommen. Bei der Kompensationsmethode sind zwei Beispiele berechnet für $w = 20$ Ohm und $w = 5$ Ohm, wobei das Galvanometer jedesmal auf diese Widerstände geschaltet sein kann[1]). Die Zahlen der Tabelle geben die Faktoren an, mit denen E zu multiplizieren ist.

[1]) Die Empfindlichkeit ist dann zwar in Wirklichkeit nicht die maximale, hier angegebene, aber gemäß der Tabelle für $2\sqrt{l}/(l+1)$ nur wenig von dieser verschieden.

A	Thomsonsche Brücke $a = 100$ $a = 10$	Differentialgalvanometer $g = 10$ $l = 10/A$	Kompensationsmethode $m = w/A$	
			$w = 20$	$w = 5$
0,001	0,001	0,007	0,004	0,007
0,1	0,01	0,07	0,04	0,07
1	0,034	0,20	0,11	0,20
10	0,10	*0,35*	0,29	0,41

Die Thomsonsche Brücke hat also für kleine Widerstände bei diesem Beispiel nur den siebenten Teil der Empfindlichkeit der Differentialmethode. Wählt man den Vergleichswiderstand $a = 10$ statt $= 100$ Ohm, so wird die Empfindlichkeit der Thomsonschen Brücke bei den kleinen Widerständen 2,5-mal vergrößert.

Die kursiv gedruckte Zahl bei der Differentialmethode entspricht dem Maximalwert, der erhalten wird, wenn das Galvanometer die günstigste Schaltung besitzt. Die Kompensationsmethode hat im vorliegenden Fall für $w = 5$ Ohm annähernd die gleiche Empfindlichkeit wie die Differentialmethode, während für $w = 20$ die Empfindlichkeit durchschnittlich etwa halb so groß wird. Doch sind dies schon recht kleine Kompensationswiderstände, bei denen große Vorsicht wegen der Thermokräfte geboten ist; mit den gewöhnlichen Kompensationsapparaten, bei denen $w = 1000$ Ohm und mehr ist, wird keine größere Empfindlichkeit als mit der Thomsonschen Brücke erreicht. Kompensationsapparate mit kleinen Widerständen sind neuerdings mehrfach konstruiert worden und können, wie man sieht, sehr vorteilhaft benutzt werden, vorausgesetzt, daß Galvanometer von entsprechend kleinem Widerstand zu Gebote stehen.

Die bisherigen Betrachtungen beziehen sich nur auf das Nadelgalvanometer, gelten aber in gleicher Weise auch für das Drehspulengalvanometer. Die Stromempfindlichkeit dieses Galvanometers braucht, wie aus den früher angegebenen Formeln hervorgeht, *ceteris paribus* nur halb so groß zu sein wie die des entsprechenden Nadelgalvanometers, damit dieselbe Meßempfindlichkeit erreicht wird.

Bei der Messung größerer Widerstände (etwa von 10 Ohm an) wird im allgemeinen die Thomsonsche Brücke überflüssig, und die anderen Methoden können leicht in der günstigsten Schaltung benutzt werden. Dann ist die Empfindlichkeit derselben, wie aus den Formeln hervorgeht, nahe die gleiche.

Die Größe E, welche die Empfindlichkeit im wesentlichen bestimmt und eine oberste Grenze derselben darstellt, ist je nach der Belastung des zu messenden Widerstands und der Galvanometerempfindlichkeit verschieden.

Nehmen wir $i\sqrt{A} = 0{,}01$ an (entsprechend einer Stromstärke von 0,01 Amp. bei einem Widerstand von 1 Ohm, wie sie bei Präzisionsmessungen häufig Anwendung gefunden hat) und die Änderung des Widerstandes $\varepsilon = 10^{-6}$, so ist die Größe E, die einer Änderung des Widerstandes von 1 Milliontel seines Wertes entspricht

$$E = 10^{-8}\, c_0 \text{ Skalenteile.}$$

Da eine Empfindlichkeit von $c_0 = 10^8$ (für 1 Ohm, 5 Sek. halbe Schwingungsdauer, 2 m Abstand) mit guten Nadelgalvanometern erreichbar ist, so kann unter den obigen Annahmen durchschnittlich $E = 1$ Skalenteil gesetzt werden, wovon etwa der zehnte Teil noch ablesbar ist.

Durch die angeführten Zahlenbeispiele ist die Anwendungsweise der Formeln erläutert und gleichzeitig der Unterschied der verschiedenen Methoden und ihrer Eigentümlichkeiten näher beleuchtet worden. Man sieht daraus, daß von der Anwendung der zweckmäßigsten Methode und Schaltungsweise mitunter viel abhängt.

In allen betrachteten Fällen, bei denen stets alle vorkommenden Widerstände durch das Produkt eines Zahlenfaktors mit dem zu messenden Widerstand A dargestellt werden, ist die Empfindlichkeit der Messung — abgesehen von der Empfindlichkeit des angewendeten Galvanometers — nur abhängig von

$$i\sqrt{A},$$

d. h. von der Wurzel der in dem Meßwiderstand umgesetzten elektrischen Energie $i^2 A$ bezw. e^2/A, wenn e die Spannung an den Enden des Widerstandes bedeutet. Für die Messung eines Widerstandes von gegebener Größe ist daraus nur die selbstverständliche Folgerung abzuleiten, daß die Empfindlichkeit der Belastungsstromstärke i bezw. der Spannung e proportional ist.

Dagegen gibt es auch Widerstandsmessungen, wie z. B. bei Benutzung von Widerstandsthermometern, wo die Größe des Widerstandes innerhalb gewisser Grenzen beliebig gewählt werden kann. Dann ist es von Interesse, daß die Empfindlichkeit von der Größe des zu messenden Widerstandes unabhängig ist, solange $i^2 A$ konstant bleibt, und daß die Empfindlichkeit proportional $i\sqrt{A}$ sich verändert.

Dieser Fall soll in einer späteren Mitteilung behandelt werden, auf die an dieser Stelle hingewiesen sei.

Randaufliegende Fernrohrobjektive.

Von
Dr. R. Steinheil in München.

Genaue, in den letzten Jahren ausgeführte Untersuchungen[1]) haben mehr und mehr gezeigt, daß dem verkitteten Fernrohrobjektiv mit Mißtrauen zu begegnen ist. Obwohl es den Optikern längst bekannt war, daß größere Objektive nicht verkittet werden dürfen, wenn von ihnen gute Resultate gefordert werden sollen, (sodaß ein Verkitten von Objektiven mit mehr als 100 *mm* Durchmesser zumeist vermieden wurde,) so hielt man doch für kleinere Objektive immer am Verkitten fest, und zwar wohl aus rein praktischen Rücksichten. Der Umstand, daß beim verkitteten Objektiv weniger Lichtverlust durch Reflexion auftritt, kann nicht maßgebend sein, da die Verbiegungen der Kugelflächen durch das Verkitten jedenfalls weit schädlicher wirken. Etwas anderes ist es aber um das Reinigen der Objektive. Ein verkittetes Fernrohrobjektiv kann sich nur an seinen Außenflächen beschlagen und kann deshalb jederzeit gereinigt werden, ohne aus der Fassung genommen zu werden, während dies bei unverkitteten Objektiven nicht der Fall ist. Ein richtig konstruiertes Fernrohrobjektiv aus zwei getrennt stehenden Linsen erfüllt bekanntlich vier Bedingungen. Es ist 1. chromatisch korrigiert für zwei Farben; 2. sphärisch korrigiert für eine Farbe; 3. korrigiert in bezug auf Sinusbedingung für eine Farbe; 4. von einer bestimmten positiven Brennweite.

Wenn diese vier Bedingungen erfüllt sind, ist über alle vier Radien des Objektives verfügt. Dabei ergibt sich bei den gewöhnlich gebrauchten Glasarten, mag man die Form mit vorausstehender Crownglaslinse oder die mit vorausstehender Flintglaslinse wählen, die Krümmung der zweiten und dritten Fläche stets so, daß zwischen beiden Linsen eine negative Luftlinse entsteht. Direkt aufeinander gelegt würden sich diese Linsen in der Mitte berühren und würden, da sie am Rande

[1]) Vgl. z. B. G. Eberhard, Über den schädlichen Einfluß des Verkittens von Objektiven. *Diese Zeitschr.* **23.** *S. 274. 1903.*

gehalten werden müssen, verbogen werden. Um dies zu vermeiden, müssen sie am Rande unterlegt werden, wozu man gewöhnlich sehr dünne Stanniolblättchen verwendet. Von der richtigen Lage und der genau gleichen Dicke dieser Stanniolblättchen ist die gute Wirkung des Objektives in hohem Grade abhängig. Ein Auseinandernehmen und Wiederzusammensetzen des Objektives von unkundiger Hand hat meist zur Folge, daß das Objektiv unzentrische Bilder liefert, d. h. daß es nach dem Wiederzusammensetzen viel schlechter wird, als es vorher gewesen ist. Es bleibt deshalb bei solchen Objektiven, wenn sich die Innenflächen beschlagen haben, nichts anderes übrig, als sie dem Fabrikanten zur Reinigung einzusenden, was unbequem und oft nicht ausführbar ist.

Wenn die Krümmungen der beiden einander zugekehrten Flächen so beschaffen wären, daß sie eine positive Luftlinse einschlössen oder, mit anderen Worten, sich am Rande berührten, wäre der Übelstand mit der Zwischenlage vermieden. Gibt man die Erfüllung der Sinusbedingung auf, so läßt sich die positive Luftlinse mit allen Glasarten leicht erreichen; man hat einfach statt der Sinusbedingung die Bedingung

$$R_4 \gtrless R_2$$

zu erfüllen, je nachdem die Flintglas- oder die Crownglaslinse vorausstebt. Derartige Objektive sind auch früher vielfach ausgeführt worden.

Will man aber die Sinusbedingung, welche besonders bei größerem Öffnungsverhältnis von großem Einfluß auf die Schärfe des Bildes ist, nicht fallen lassen, so muß man Glasarten wählen, bei welchen die Bedingung $R_4 \gtrless R_2$ von selbst erfüllt ist. Berechnet man die Radien des Fernrohrobjektives, welches die oben aufgeführten Bedingungen erfüllt, nach den Formeln, wie sie von Moser[1]), Charlier[2]) und Strehl[3]) aufgestellt wurden, unter Variation der Brechungsexponenten und der Zerstreuungsverhältnisse und bringt die Radien für die Brennweite gleich 1 in Tabellen, so zeigt sich bald, welche Glasarten gewählt werden müssen, um randaufliegende Objektive zu erhalten. Verf. hat für den praktischen Gebrauch in seiner Werkstätte eine große Zahl derartiger Tabellen berechnet, aus welchen sich auch die für den vorliegenden Zweck brauchbaren Glasarten entnehmen lassen. Wählt man z. B. eine Tabelle, welche für das Zerstreuungsverhältnis $\log \frac{\nu'}{\nu} = \begin{cases} 0{,}19 \\ 9{,}81 \end{cases}$ berechnet ist, so ist dies die folgende.

Tabelle.

$$\log \frac{\nu'}{\nu} = \begin{cases} 0{,}19 \\ 9{,}81. \end{cases}$$

n_0	n_2	R_0	R_2	R_4	n_0	n_2	R_0	R_2	R_4
1,50	1,52	0,5911	— 0,2530	— 0,2523	1,52	1,50	0,4856	0,1797	0,1802
	1,54	0,5949	— 0,2523	— 0,2540		1,54	0,6029	— 0,2654	— 0,2645
	1,56	0,5981	— 0,2518	— 0,2556		1,56	0,6081	— 0,2647	— 0,2666
	1,58	0,6005	— 0,2513	— 0,2572		1,58	0,6094	— 0,2641	— 0,2679
	1,60	0,6023	— 0,2510	— 0,2589		1,60	0,6117	— 0,2637	— 0,2695
	1,62	0,6036	— 0,2508	— 0,2604		1,62	0,6131	— 0,2634	— 0,2711
	1,64	0,6046	— 0,2506	— 0,2619		1,64	0,6147	— 0,2631	— 0,2727
	1,66	0,6051	— 0,2505	— 0,2633		1,66	0,6156	— 0,2630	— 0,2742
	1,68	0,6053	— 0,2505	— 0,2648		1,68	0,6160	— 0,2629	— 0,2757

[1]) *Diese Zeitschr.* **7.** *S. 225. 1887.*

[2]) *Vierteljahresschrift der astron. Gesellsch.* **31.** *S. 266; diese Zeitschr.* **18.** *S. 253. 1898.*

[3]) *Diese Zeitschr.* **21.** *S. 10. 1901.*

n_0	n_2	R_0	R_2	R_4	n_0	n_2	R_0	R_2	R_4
1,54	1,50	0,4610	0,1804	0,1798	1,56	1,50	0,4410	0,1811	0,1795
	1,52	0,4967	0,1856	0,1862		1,52	0,4733	0,1863	0,1858
	1,56	0,6142	— 0,2779	— 0,2768		1,54	0,5080	0,1915	0,1922
	1,58	0,6176	— 0,2772	— 0,2785		1,58	0,6251	— 0,2907	— 0,2912
	1,60	0,6203	— 0,2767	— 0,2804		1,60	0,6283	— 0,2900	— 0,2911
	1,62	0,6224	— 0,2763	— 0,2819		1,62	0,6309	— 0,2895	— 0,2918
	1,64	0,6241	— 0,2759	— 0,2836		1,64	0,6329	— 0,2891	— 0,2946
	1,66	0,6252	— 0,2757	— 0,2852		1,66	0,6345	— 0,2887	— 0,2963
	1,68	0,6261	— 0,2756	— 0,2868		1,68	0,6355	— 0,2885	— 0,2979

n_0	n_2	R_0	R_2	R_4	n_0	n_2	R_0	R_2	R_4
1,58	1,50	0,4240	0,1818	0,1792	1,60	1,50	0,4094	0,1825	0,1791
	1,52	0,4536	0,1870	0,1856		1,52	0,4368	0,1878	0,1853
	1,54	0,4851	0,1922	0,1918		1,54	0,4658	0,1929	0,1916
	1,56	0,5190	0,1973	0,1981		1,56	0,4966	0,1980	0,1977
	1,60	0,6356	— 0,3037	— 0,3021		1,58	0,5295	0,2030	0,2039
	1,62	0,6386	— 0,3031	— 0,3039		1,62	0,6456	— 0,3170	— 0,3155
	1,64	0,6410	— 0,3026	— 0,3054		1,64	0,6485	— 0,3163	— 0,3170
	1,66	0,6429	— 0,3021	— 0,3074		1,66	0,6507	— 0,3158	— 0,3188
	1,68	0,6444	— 0,3018	— 0,3092		1,68	0,6525	— 0,3154	— 0,3207

n_0	n_2	R_0	R_2	R_4	n_0	n_2	R_0	R_2	R_4
1.62	1,50	0,3967	0,1832	0,1790	1,64	1,50	0,3852	0,1838	0,1789
	1,52	0,4222	0,1884	0,1852		1,52	0,4095	0,1891	0,1850
	1,54	0,4491	0,1936	0,1913		1,54	0,4346	0,1942	0,1912
	1,56	0,4776	0,1987	0,1975		1,56	0,4610	0,1994	0,1973
	1,58	0,5077	0,2037	0,2036		1,58	0,4888	0,2044	0,2033
	1,60	0,5396	0,2087	0,2096		1,60	0,5182	0,2094	0,2093
	1,64	0,6554	— 0,3305	— 0,3283		1,62	0,5494	0,2143	0,2153
	1,66	0,6580	— 0,3298	— 0,3302		1,66	0,6648	— 0,3442	— 0,3418
	1,68	—	—	—		1,68	0,6672	— 0,3436	— 0,3437

n_0	n_2	R_0	R_2	R_4	n_0	n_2	R_0	R_2	R_4
1,66	1,50	0,3756	0,1844	0,1788	1,68	1,50	0,3668	0,1850	0,1788
	1,52	0,3982	0,1897	0,1849		1,52	0,3882	0,1903	0,1849
	1,54	0,4218	0,1949	0,1911		1,54	0,4105	0,1955	0,1910
	1,56	0,4466	0,2000	0,1971		1,56	0,4339	0,2006	0,1970
	1,58	0,4725	0,2051	0,2031		1,58	0,4582	0,2057	0,2030
	1,60	0,4998	0,2100	0,2091		1,60	0,4837	0,2107	0,2089
	1,62	0,5285	0,2149	0,2150		1,62	0,5104	0,2155	0,2148
	1,64	0,5589	0,2198	0,2209		1,64	0,5385	0,2204	0,2207
	1,68	0,6737	— 0,3582	— 0,3555		1,66	0,5680	0,2252	0,2264

In der Tabelle ist nur ein Wurzelwert für die Radien gegeben; der 4. Radius ist weggelassen, weil er sich mit den Dicken zu rasch ändert.

Wie man sieht, ergibt sich das richtige Verhältnis von R_2 und R_4 immer in der Gegend von $n_0 = n_2$; denn dort ist bei positiven Radien R_4 zuerst kleiner als R_2, wird dann gleich und zuletzt größer als R_2; bei negativen Radien dagegen ist R_4 zuerst kleiner als R_2, wird dann gleich R_2 und zuletzt größer als R_2. Was erreicht werden soll, ist, daß bei positiven Radien $R_4 > R_2$, bei negativen Radien $R_4 < R_2$ sein soll. Es erübrigt deshalb nur, Glasarten zu finden, welche bei dieser Radienabstufung das richtige Zerstreuungsverhältnis, in unserem Fall $\log \frac{\nu'}{\nu} = \left\{ \begin{matrix} 0,19 \\ 9,81 \end{matrix} \right.$, ergeben.

Wenn wir z. B. die Stelle wählen $n_0 = 1,60$; $n_2 = 1,58$, so würden bei Voraus-stellung der Flintglaslinse die Radien

$$R_0 = 0,529 \qquad R_2 = 0,203 \qquad R_4 = 0,2039.$$

Zwei Glasarten, welche von den so gefundenen nicht zu weit verschieden sind, sind z. B. die folgenden:

Steinheil Flint 233: $n_D = 1,59434$; $\nu = 38,9$
Schott Crown 2110: $n_D = 1,60543$; $\nu = 59,0$.

Exponenten und ν-Verhältnis stimmen nicht genau, deshalb liefert auch eine genaue Berechnung folgende Radien:

$$R_0 = 0,580 \text{ o. Z.} \qquad R_2 = 0,204 \text{ o. Z.} \qquad R_4 = 0,2058 \text{ o. Z.} \qquad R_6 = 10,285 \text{ o. Z.}$$

Die angenäherten Radien würden mit den endgültigen Werten besser übereinstimmen, wenn man sie aus einer Tabelle entnommen hätte, welche für $\log \frac{\nu'}{\nu} = \left\{ \begin{matrix} 0,18 \\ 9,82 \end{matrix} \right.$ berechnet ist.

Wenn man aus diesen Glasarten ein Objektiv von 1000 *mm* Brennweite herstellt und die Elemente und Fehler bestimmt, so ergibt sich bei einem Öffnungsverhältnis 1 : 7 folgendes:

$H_0 = 71,4$; $D_1 = 12$; $D_3 = 0,1$; $D_5 = 26,0$

$R_0 = 580,0$ o. Z., $R_2 = 204,0$ o. Z. } St. Fl. 233
$R_4 = 206,1$ o. Z., $R_6 = 12002,45$ o. Z. } Sch. Cr. 2110

	Achse C	Achse F	Rand C	Rand F
Schnittweiten:	975,486	974,740	974,341	975,581
Brennweiten:	1000,004	999,273	999,751	1000,159

Wie man sieht, ist auch die Sinusbedingung streng erfüllt; es macht also keine Schwierigkeiten, aus diesen Glasarten Objektive herzustellen, welche neben vollständig richtiger Korrektur auch den Vorteil bieten, daß die Linsen randanfliegend sind und deshalb ohne Gefahr für die Zentrizität auseinandergenommen und wieder zusammengesetzt werden können, auch von ungeübten Händen.

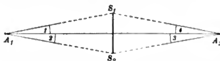
In der angeführten Tabelle finden sich noch verschiedene mögliche Glaspaare; welche zu wählen sind, wird sich nach den Zwecken richten, welchen die zu konstruierenden Objektive zu dienen haben. Bei Wahl von anderen Zerstreuungsverhältnissen ergeben sich andere Tabellen, welche wieder andere mögliche Glasarten enthalten, sodaß die Aufgabe, randanfliegende, vollständig richtig korrigierte Fernrohrobjektive zu konstruieren, auf mannigfache Weise gelöst werden kann.

Referate.

Beschreibung des Basismeßverfahrens mittels horizontaler Distanzlatte.

Von H. Böhler. Mit 24 Fig. im Text u. 8 Anlagen als Anhang.
Berlin, E. S. Mittler & Sohn 1905. 2,80 M.

Diese als Sonderabdruck aus den *Mitt. aus d. deutschen Schutzgebieten* **18.** *Heft 1. 1905* erschienene Schrift beschreibt sehr ausführlich ein Verfahren zur indirekten Längenmessung, auf das der Verf. durch die Grundlinienmessung für eine Triangulation in Deutsch-Ostafrika 1898 geführt wurde. Er bediente sich damals eines Polygonzugs zwischen den Endpunkten der Basisstrecke, in dem er die Seiten noch mit dem Stahlband maß; diese direkte Längenmessung ist jetzt durch indirekte Entfernungsbestimmung mit Hülfe des „Distanzbalkens" ersetzt, wobei als günstigste Übergangsformel von der Entfernung der zwei Zielstifte auf dem Distanzbalken auf die Entfernung der zwei Theodolitstandpunkte die der Hansenschen Aufgabe erkannt wurde (vgl. die Figur). Die Stifte S_1 und S_2 an der horizontalen „Latte" haben eine Entfernung von etwas über 4 *m* (4,02 *m*) voneinander, die Entfernung der Theodolitaufstellungspunkte A_1 und A_2 von der Latte ist je etwa 20 *m*, sodaß also die Polygonseite zwischen beiden etwa 40 *m* lang und die Vergrößerung des Stiftabstands auf die Polygonseite ungefähr 10-fach wird. Als Zielstifte S_1 und S_2 dienen kleine dunkle Zylinder, hinter denen helle Kartonblättchen aufgesteckt werden; ihr Abstand wird, nachdem der Durchmesser der Stifte auf dem Komparator genau festgestellt ist, durch zwei End-Normalmeter und zwei Meßkeile ermittelt. Als Theodolit, mit dem in den Aufstellungspunkten A_1 und A_2 die Winkel *1, 2, 3, 4* gemessen wurden, diente ein Hildebrandscher Mikroskoptheodolit (Ablesung 1"), der mit Hülfe einer in den auf dem Stativkopf befindlichen Hohlzylinder genau passenden Kugel zu zentrieren ist; der Theodolit sitzt dabei im übrigen lose auf dem Stativkopf. Als sehr eingehend beschriebene Versuchsmessung ist ein Polygonzug mit 5 Seiten von je 40 *m* Länge (s. o.) vorgeführt; aus 10 Messungen dieses Zugs nach dem angedeuteten Verfahren, und selbstverständlich stets neuen Polygonpunkten zwischen den festgehaltenen Endpunkten, an 8 verschiedenen Tagen in vier aufeinander folgenden Monaten ergab sich als Entfernung der Endpunkte



192,7535 *m*	192,7587 *m*
7591 „	7627 „
7557 „	7627 „
7552 „	7595 „
7552 „	7556 „;

als Durchschnitt erhält man 192,7578 *m*, und die mittlere Abweichung einer der Messungen von diesem Durchschnit zeigt sich gleich 3,2 *mm* oder $^1/_{60000}$ der Länge, ein sehr befriedigendes Resultat.

Die bequemste Art der Auflösung dieses speziellen Falls der Hansenschen Aufgabe wird eingehend diskutiert; Prof. Eggert hat Tafeln für eine der vorliegenden Form der Aufgabe angepaßte Lösung angegeben, die in Anlage 8 abgedruckt werden. In einer der Abhandlung beigelegten Notiz von Kapitän-Leutnant Kurtz „Ein bequemeres Rechenverfahren zur Böhlerschen Basismessung", ebenfalls Sonderabzug aus dem oben genannten Band, wird ein Rechenverfahren entwickelt, dem sein Verfasser Vorzüge vor dem Böhlerschen und dem Eggertschen zuschreibt, und das in der Tat an Bequemlichkeit kaum mehr etwas zu wünschen übrig läßt.

Das ganze Verfahren ist für Schaffung kürzerer selbständiger Grundlinien für Triangulierungsgebiete in unsern Kolonien bestimmt und hat auch das Interesse der Sachverständigen des Reichsmarineamts (Kapitän-Leutnant Schmidt, Dr. Kohlschütter u. s. f.) erweckt, die

es bei der bevorstehenden Küstenvermessung der deutschen Schutzgebiete anwenden wollen. Als die wichtigsten Vorzüge seines Verfahrens sieht der Verf. an 1. Verwendbarkeit in so ziemlich jedem Gelände, sodaß die Grundlinie stets ungefähr in die Mitte des Triangulierungsgebiets gelegt werden kann; 2. Umgebung von Hindernissen in der geraden Verbindungslinie der Endpunkte der Grundlinie; 3. keine Vorbereitung des Geländes; Leitung des Verfahrens und Ausführung der Messungen ist gleichzeitig durch *einen* geodätisch gut geschulten Beobachter möglich. Der zuletzt genannte Punkt kann allerdings vielfach den Ausschlag geben; wenn dagegen mehrere Beobachter zur Verfügung stehen (wie z. B. bei den durch Kriegsschiffe auszuführenden Messungen), so wäre doch zu bedenken, daß die Jäderinsche Drahtmessung mit Anwendung von Invardrähten, die die Kenntnis der Drahttemperatur auf 1° oder 2° ganz überflüssig machen, ebenfalls in weitem Umfang von der Beschaffenheit des Geländes befreit und außerordentlich rasche Arbeit bei hoher Genauigkeit gestattet. Als quantitative Leistung seines Verfahrens berichtet Böhler, „daß bei normaler Witterung und mit tüchtigem Personal täglich ungefähr 400 *m* in der beschriebenen Weise gemessen werden können"; diese Zahl läßt sich durch die Drahtmessung, wie vorliegende praktische Erfahrungen beweisen, leicht überbieten.

Böhlers Schrift ist sicher als wertvoller Beitrag zur Methodik unserer Kolonialvermessungen zu bezeichnen. *Hammer.*

Graphische Tafeln für Tachymetrie.

Von F. Wenner. *Zeitschr. f. Vermess.* **34.** *S. 257. 1905.*

Trotz der zahlreichen Hülfsmittel (Zahlentafeln, graphische Tafeln, graphisch-mechanische und mechanische Vorrichtungen), die in der Tachymetrie zur Ausrechnung von Horizontaldistanz und Höhenunterschied der mit „Kreistachymetern" aufgenommenen Punkte im Gebrauch sind, vermißte der Verf. bisher solche, „die mit dem Vorzuge der Billigkeit und Handlichkeit die genügende Rechenschärfe verbanden". Was hier unter „genügender" Rechenschärfe verstanden wird, ist freilich erst zu definieren, denn es ist für verschiedene tachymetrische Zwecke sehr verschiedene Genauigkeit anzuwenden; und was für die „Präzisionstachymetrie" (T I) notwendig und erwünscht ist, ist für die „topographische Tachymetrie" (T II) oft ganz unzweckmäßig, weil zu zeitraubend, und ähnlich umgekehrt.

Was aber der Verf. hier auf Grund einer Anregung durch Prof. Fenner bietet, ist als willkommener Beitrag zu den tachymetrischen Rechenhülfsmitteln umsomehr anzuerkennen, als die Druckausführung, die der Ref. seit kurzem in die Hand bekommen hat, nichts zu wünschen übrig läßt. Es sind zwei Isoplethentafeln, I für die Reduktion auf horizontale Entfernung, II zur Berechnung des Höhenunterschieds, in denen die Isoplethen nach Lalanne-Vogiers Methode im Interesse schärferer Zeichnung und Interpolation zu Geraden verstreckt sind.

Der bis jetzt erschienenen Tafel[1]) ist „neue" Teilung (400^g) zugrunde gelegt, die ja gerade in der Tachymetrie viel benutzt wird; eine Ausgabe für alte Teilung soll folgen. Die Reduktionen auf den Horizont sind in der Tafel in der Form

$$R = a - k \cdot l \cdot \cos^2 z \qquad (\text{mit } a = 0{,}4\ m)$$

und damit

$$\text{Entfernung } E = k \cdot l + R$$

angegeben für Entfernungen bis zu 200 *m* und für z zwischen 80^g und 120^g (72° und 108°). In der Taf. II gehen die Entfernungen E aber nur bis zu 120 *m*, die Höhenwinkel nur bis $\pm 15^g$ ($\pm 13\frac{1}{2}°$) und die letzte Höhenunterschiedsisoplethe ist 20 *m*; der Umfang der Tafeln ist also geringer als der (bei T II nicht selten zu geringe) der bekannten Tachymeterzahlentafel von Jordan. Auch sind Netz- und Isoplethenlinien in Teilen der Taf. II bereits sehr eng. Dafür ist die mit der Tafel zu erlangende Genauigkeit, wie der Ref. bereits aus

[1]) Die Tafel ist zum Preise von 1,50 M. (unaufgezogen 1,10 M.) von F. Wenner (Darmstadt, Landwehrstr. 6) zu beziehen.

eigenem Gebrauch bestätigen kann, recht gut. Der Verf. berichtet, daß unter 70 Versuchen nur bei 5 v. H. die abgelesene Entfernung einen Fehler von 0,1 *m* gezeigt habe, und daß der größte Höhenfehler (in etwa $^1/_3$ der Versuche) $\pm$ 0,02 *m*, in einem weitern Drittel der Höhenfehler $\pm$ 0,01 *m* gewesen sei; der m. F. einer aus der Tafel abgelesenen Höhe hat sich dem Verf. zu $\pm$ **1** *cm* ergeben. Meine eigene Zahl ist, bei allerdings flüchtiger Rechnung, wie sie die Tachymetrie, zumal T II verlangt, etwas höher; aber selbst für so ziemlich alle Fälle von T I wären die vom Verf. angegebenen Genauigkeitszahlen völlig genügend.

Hammer.

Ein tragbares Gezeiten-Manometer.

Von K. Honda. *Phil. Mag.* **10.** *S. 253. 1905.*

Das Bedürfnis, die durch die Ebbe- und Fluterscheinungen bedingten periodischen Bewegungen der ozeanischen Wassermassen an den Küsten durch *leicht transportable* Instrumente aufzuzeichnen, ist immer dringlicher geworden, seitdem es sich namentlich bei Gelegenheit der japanischen Seenforschungen gezeigt hat, daß fast jede einzelne Bucht mit einer besonderen, ihr eigentümlichen Oberschwingung oder einem System solcher Oberschwingungen auf die durch die Gezeitenströmung bedingte Grundschwingung reagiert. Hierbei ist es natürlich erste Bedingung, daß man die Amplituden der Schwingungen, namentlich diejenige der Hauptschwingung, in einem geeigneten Verhältnisse reduziert, will man nicht ganz unübersichtliche Aufzeichnungen erhalten. Schon verschiedene Konstruktionen sind von den japanischen Seenforschern für diesen Zweck erdacht worden (vgl. *diese Zeitschr.* **23.** *S. 345. 1903*). Neuerdings hat Honda eine derartige Anordnung angegeben, bei der der Wasserdruck in einer bestimmten Tiefe zunächst auf eine in einer Rohrleitung abgeschlossene Luftsäule übertragen wird, die ihn dann nach einem offenen, an beliebiger Stelle aufgestellten Quecksilbermanometer bin weitergibt; auf der Quecksilberkuppe des offenen Schenkels desselben ruht der den Schreibstift tragende Schwimmer; jede Hebung der Wassermassen preßt diesen Stift in die Höhe, aber in stark und nach Wunsch reduziertem Maßstabe. In die See hinab wird ein geschlossener Messinghohlzylinder A (Querschnitt s_1), Fig. 1, der unten durch einen starken Bleifuß D beschwert ist, hinabgelassen, durch dessen Deckel einerseits das beiderseitig offene Heberrohr a, andererseits das umgebogene, durch das Bleiröhrchen l (3 *mm* Durchmesser) fortgesetzte Messingrohr b hindurchgeht. Das durch a eindringende Wasser drückt die in A eingeschlossene Luft zusammen. Diese Pressung wird durch l hindurch auf das am Lande aufgestellte Manometer BC (Fig. 2) übertragen, dessen beide Schenkel (B habe den Querschnitt s_2 und C den Querschnitt s_3) durch einen mit Quecksilber gefüllten starkwandigen Gummischlauch und durch den Drosselhahn k miteinander kommunizieren. Auf dem in C enthaltenen Quecksilber schwimmt ein Hohlkörper aus Ebonit, der oben einen Querstab mit dem Schreibstifthalter p trägt; am Ende des Querstabes bewegliche Führungsrollen greifen über die Führungsstangen gg von V-förmigem Querschnitte. Der Schreibstift wird mittels Feder sanft gegen die durch ein im Inneren befindliches Uhrwerk in 24 Stunden einmal herumgedrehte, vertikal stehende Schreibwalze E (20 *cm* Höhe, 9,4 *cm* Durchmesser) gedrückt. Fig. 3 gibt eine Gesamtansicht aller Teile.

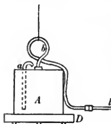


Fig. 1.

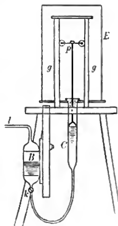


Fig. 2.

Wie leicht zu zeigen ist, beträgt der Grad der Reduktion (Hub von p, dividiert durch das denselben bedingende Ansteigen des Wasserspiegels)

$$\frac{1}{\varrho\left(1+\frac{s_2}{s_1}\right)+\frac{s_2}{s_1}},$$

wo ϱ die Dichte des Quecksilbers ist. Bei dem von dem Verf. benutzten Apparate betrug diese Reduktion 0,6 %, was angesichts der Tatsache, daß sich gelegentlich der Seespiegel um mehr als 10 *m* hob und senkte, zur Erzielung einer übersichtlichen Kurve dringend notwendig war.



Fig. 3.

Es wird weiter gezeigt, daß sowohl Temperatur- wie auch Barometerschwankungen nur einen verschwindenden Einfluß bei der getroffenen Anordnung gewinnen können, und ferner an einigen mitgeteilten Kurvenbeispielen gezeigt, wie sich über die einfache Gezeitenwelle bei einzelnen Buchten der japanischen Küste Oberschwingungen legen, die als Eigenschwingungen der Buchten anzusehen sind mit einem Schwingungsbauche an der Mündung der Bucht in den freien Ozean. Bei Flut werden die Perioden dieser Eigenschwingungen kürzer, bei Ebbe dagegen wieder länger, ganz der bekannten Peter Merianschen Formel

$$T = \frac{4l}{\sqrt{gh}}$$

(l: Länge der Bucht, h: mittlere Tiefe, g: Erdbeschleunigung) entsprechend, da beim Übergange zur Flut h offenbar größer wird und umgekehrt; auch die hiernach berechnete Periodendauer stimmt mit der beobachteten leidlich gut überein. Es wäre von hohem Interesse, auch auf diese Phänomene die neue von Prof. Chrystal in Edinburg ausgearbeitete hydrodynamische Theorie der Seichesbewegungen in Anwendung zu bringen. *H. Ebert.*

Über die Elimination von thermometrischer Nachwirkung und zufälligen Wärmeverlusten in der Kalorimetrie.

Von Th. W. Richards, L. J. Henderson und S. Forbes. *Zeitschr. f. phys. Chem.* **52.** *S. 551. 1905.*

Den Hauptinhalt dieser Arbeit bildet die Beschreibung zweier „neuer Methoden" der Kalorimetrie. Die erste dieser beiden Methoden besteht darin, daß unter Benutzung der allgemein üblichen Berechnungsweise für kalorimetrische Messungen mit Temperaturänderung noch zwei Korrektionen für das Zurückbleiben des Thermometers hinter der wahren Temperatur des Kalorimeters angebracht werden. Diese Korrektionen, die sich klarer als eine einzige darstellen lassen, werden mit schiefem Ausdruck als „thermometrische Nachwirkung" bezeichnet. Schon Thiesen[1]) und Hartmann[2]) haben das Zurückbleiben der Angaben eines Thermometers hinter der wahren variablen Temperatur seiner Umgebung eingehend untersucht und theoretisch behandelt. Bei kalorimetrischen Messungen wurde es zum ersten

[1]) M. Thiesen, *Metronomische Beiträge Nr. 3.*

[2]) J. Hartmann, Über einen Satz der Thermometrie. *Diese Zeitschr.* **17.** *S. 14. 1897*; Über die Empfindlichkeit der Thermometer in Flüssigkeiten. *Ebenda S. 131.*

Male in der Arbeit von W. Jaeger und H. von Steinwehr[1]) berücksichtigt. Es handelt sich hier also um keine neue Methode, sondern nur um Anbringung einer Korrektion, die, wie in der zuletzt erwähnten Abhandlung gezeigt wird, nur bei besonders schlecht konstruierten Kalorimetern und trägen Thermometern berücksichtigt zu werden braucht. Selbst eine Korrektion von 2 Promille, welche die Verf. anbringen mußten, liegt schon an der Genauigkeitsgrenze thermometischer Messungen; bei den meisten bisher angestellten kalorimetrischen Untersuchungen ist diese Korrektion jedoch sicher infolge erheblich günstigerer Versuchsbedingungen sehr viel kleiner, sodaß der Ausspruch der Verf., daß „nahezu alle kalorimetrischen Ergebnisse, die jemals veröffentlicht worden und bei denen beträchtliche Abkühlungs- oder Erwärmungsgeschwindigkeiten eingeschlossen sind, inkorrekt berechnet wurden“, unbegründete Beunruhigung erwecken muß.

Die Verf. ermitteln die Größe der „Nachwirkung“ in jedem einzelnen Falle dadurch, daß sie unter dem Winkel, welcher dem jeweilig beobachteten Gange entspricht, eine Tangente an die empirisch ermittelte Abkühlungskurve des benutzten Thermometers anlegen. Die zum Berührungspunkte der Tangente gehörige Temperaturordinate ergibt die gesuchte Korrektion. Man sieht ohne weiteres, daß infolge der veränderlichen Genauigkeit, mit der sich der Verlauf der Abkühlungskurve bestimmen läßt, die Korrektionen nicht alle mit der gleichen Sicherheit ermittelt werden können. So müßte bei gleichem thermischen Effekte in demselben Kalorimeter die Summe dieser Korrektionen der Vor- und Nachperiode für alle Versuche die gleiche Größe haben, während die angegebenen Werte tatsächlich bis zu 100 % des kleinsten schwanken. Genauer und zuverlässiger bestimmt man nach der Mitteilung von Jaeger und v. Steinwehr aus den Abkühlungskurven des Kalorimeters und des Thermometers die zugehörigen Abkühlungskonstanten, deren Verhältnis dann ein für allemal mit der gemessenen Temperaturänderung multipliziert den Betrag der anzubringenden Korrektion angibt.

Die zweite neue Methode, deren Brauchbarkeit die Verf. ebenfalls geprüft haben, besteht im wesentlichen darin, daß man die Manteltemperatur des Kalorimeters in gleicher Weise wie die des Innern während des Temperaturanstieges änderte, sodaß weder vor noch nach dem Versuche ein wesentlicher Gang beobachtet wurde, Anfangs- und Endtemperatur also direkt aus der Ablesung der Thermometer gefunden wurden. Diese Methode, für die ein besonderes, noch verbesserungsfähiges Kalorimeter konstruiert wurde, lieferte gute Resultate, die mit den nach der gewöhnlichen Methode angestellten Versuchen übereinstimmen, wenn diese letzteren wegen der Thermometerträgheit korrigiert sind. *v. St.*

Beugungsgitter-Kopien.

Von R. J. Wallace. *Astrophys. Journ.* **22.** *S. 123. 1905.*

Seit einer Reihe von Jahren bringt der Optiker Th. Thorp in Whitefield bei Manchester Zelluloidabgüsse Rowlandscher Plangitter in den Handel, die er nach einem in England patentierten Verfahren herstellt. Das ihm aus Thorps Patentschrift bekannt gewordene Verfahren hat nun der Verf. im Laufe längerer Versuche weiter ausgebildet. Während Thorp das zu kopierende Gitter zuerst mit einer feinen Ölschicht überzog, bringt Wallace die Zelluloidlösung direkt auf das Gitter, auch hält er den Zusatz von Kampfer zu der Lösung für überflüssig. Auch die Befestigung des Zelluloidhäutchens auf einer Glasplatte, die Thorp mit einer Lösung von Gelatine und Glyzerin bewirkte, führt der Verf. in etwas anderer Weise aus. Er gelangte zu folgendem Verfahren.

In 64 *ccm* reinem Amylazetat werden unter gutem Schütteln nach und nach 2,5 *g* Schießbaumwolle gelöst. Man läßt die Lösung 24 Stunden stehen und gießt sie sodann in feinem Strahle langsam in ein großes mit Wasser gefülltes Gefäß. Unter stetem Umrühren des Wassers fällt hierbei das Kollodium aus. Nach abermals 24 Stunden sammelt man das

[1]) Erhöhung der kalorimetrischen Meßgenauigkeit durch Anwendung von Platinthermometern. *Verhandl. d. Deutsch. physikal. Gesellsch.* **5.** *S. 353. 1903*; Referat in *dieser Zeitschr.* **24.** *S. 28. 1904.*

in feinen Flocken auf dem Wasser schwimmende Kollodium auf einem Filter und trocknet es. Hierauf wird es abermals in obiger Konzentration gelöst, also 2,5 *g* des getrockneten Kollodiums in 64 *ccm* Amylazetat, die Lösung wird filtriert und ist zum Gebrauch fertig.

Auf das zu kopierende Gitter gießt man, nachdem es gut abgestaubt ist, eine kleine Quantität dieser Flüssigkeit und läßt sie recht gleichmäßig über die ganze Gitterfläche fließen. Wieviel hierzu notwendig ist, findet man bald durch Versuche. Nimmt man zu wenig, so läßt sich das dünne Häutchen sehr schwer behandeln, bei zu dicker Schicht trocknet dieselbe mit rauher Oberfläche ein. Dazwischen liegt innerhalb ziemlich weiter Grenzen die richtige Menge. Der Verf. nimmt ungefähr einen Tropfen auf den Quadratzentimeter der Fläche.

Sodann wird das Gitter auf einem Nivelliergestell genau horizontal in einem staubfreien Raume zum Trocknen aufgestellt. Man läßt es so wenigstens einen Tag lang ruhig stehen, damit die Schicht genügende Härte erlangt. Inzwischen präpariert man die Glasplatte, welche als Träger der Kopie dienen soll. Nach sorgfältiger Reinigung überzieht man die eine Seite derselben mit einer sehr dünnen Gelatineschicht und läßt diese ebenfalls auf einem Nivelliergestell trocknen.

Ist das Häutchen auf dem Gitter vollkommen getrocknet, so legt man dieses und ebenso auch die präparierte Glasplatte in eine Schale mit destilliertem Wasser. Nach einigen Minuten beginnt das Häutchen sich am Rande loszutrennen. Man nimmt dann das Gitter aus dem Wasser, hilft zunächst mit dem Fingernagel etwas nach und zieht schließlich die Schicht in der Richtung parallel zu den Gitterstrichen ab. Hierauf wird dieselbe sofort auf die Gelatineschicht der aus dem Wasser genommenen Glasplatte unter sorgfältiger Vermeidung von Luftblasen aufgelegt; man läßt das überflüssige Wasser abtropfen, drückt den Rand am Glase fest und stellt die Platte zum Trocknen auf. Schließlich kann man den Rand der getrockneten Folie nochmals mit der Gießflüssigkeit überziehen, um das Abspringen vom Glase zu verhüten.

Beim Trocknen zieht sich das Häutchen ein wenig zusammen, sodaß die Strichdistanz in der Kopie etwas kleiner wird als im Originalgitter. Der Verf. gibt die Reproduktion zweier Aufnahmen des Sonnenspektrums, von denen die eine mit einem Rowlandschen Gitter mit 568 Linien auf 1 *mm*, die andere mit der davon genommenen Kopie ausgeführt ist. Nach der Schärfe der Zeichnung zu urteilen, steht die Kopie dem Original nur wenig nach. Selbstverständlich gelingen nicht alle Kopien gleich gut, sondern nach der Fertigstellung müssen dieselben einer Prüfung und Sortierung unterworfen werden. Ref. möchte jedoch darauf hinweisen, daß zu einer derartigen Prüfung das Sonnenspektrum sehr wenig geeignet ist. Die Hauptgefahr bei der Kopierung der Gitter besteht nämlich darin, daß sich die Folie beim Trocknen nicht über ihre ganze Fläche gleichmäßig zusammenzieht, oder daß beim Aufziehen auf die Glasplatte einzelne Teile des Häutchens stärker gespannt werden als andere. Die Folge hiervon wird neben einer Unschärfe der Linien die Enstehung von „Geistern“ (*ghosts*) im Spektrum sein. Letztere sind nun aber in dem lichterfüllten und wenig kontrastreichen Sonnenspektrum nicht zu erkennen, sondern bewirken nur eine allgemeine Aufhellung des Grundes, also eine Intensitätsabnahme der Linien. Eine scharfe Prüfung eines Gitters kann nur mit einem Linienspektrum stattfinden. Zeichnet beispielsweise ein Gitter bei Beleuchtung seiner ganzen Fläche die intensiven grünen und gelben Linien des Quecksilber-Bogenspektrums scharf auf schwarzem Grunde, so ist es zweifellos ganz erstklassig. Verlangt man auch von einer Gitterkopie nicht die Erfüllung dieser sehr schwierigen Forderung, so soll dieselbe doch wenigstens Linienspektra mit weniger intensiven Linien, z. B. das Eisenspektrum, sauber abbilden.

Eine andere, mehr vorläufige Probe besteht darin, daß man die fertige Kopie auf das Originalgitter legt, die Furchen einander parallel. Im reflektierten Lichte erscheinen dann die durch die sich allmählich verschiebenden Koinzidenzen hervorgerufenen Schattenbänder, welche, falls die Kopie gut gelungen ist, geradlinig und äquidistant sein müssen. Die Anzahl der Bänder innerhalb eines Millimeter zeigt an, um wieviel die Linienzahl durch das Eintrocknen in der Kopie gegen das Original zugenommen hat.

Da sich die Folien bei einer Prüfung auf einem Quarzspektrographen für ultraviolettes Licht sehr durchlässig erwiesen, hat der Verf. auf Vorschlag von Prof. Wood dieselben auch auf dünnen Glimmerplatten montiert.

Diese Gitterkopien eignen sich vorzüglich zur Herstellung kleiner Taschen- und Laboratorium-Spektroskope. Wird die Folie direkt auf einer Seite eines 30°-Prismas angebracht, so erhält man einen Prismenkörper mit gerader Durchsicht, der ein nahezu normales Spektrum liefert.

Für das Originalgitter hat die Herstellung der Kopien, vorausgesetzt, daß das verwendete Amylazetat völlig säurefrei ist, keinerlei Nachteil, sie ist im Gegenteil eines der besten Mittel, um ein schmutzig gewordenes Gitter zu reinigen.

Anknüpfend an den Aufsatz von Wallace teilt Thorp in *Nature* **73.** *S. 79. 1905* mit, daß er nur bei seinen ersten Versuchen das Öl angewandt habe, jetzt aber die Kopien ohne Öl herstelle. Ferner ist es ihm gelungen, die Folien auf ebenen Glas-*Ringen* zu montieren, wodurch dieselben für ultraviolettes Licht sehr anwendbar wurden. Auch in der Herstellung von Konkavgittern hat er Erfolg gehabt. Er hat einerseits hinter dem auf einem Ring montierten Häutchen ein geringes Vakuum hergestellt. Hierbei nehmen die Linien allerdings nicht die streng richtige Krümmung an, doch ist es ihm gelungen gute Spektra auf diese Art zu erhalten. Andererseits hat er auch direkt von Konkavgittern Abgüsse hergestellt, indem er durch Rotation des Gitters während des Trocknens dafür sorgte, daß die Oberfläche des Häutchens ein zum Gitter genau paralleles Paraboloid wurde. Bei der Anwendung einer solchen Kopie müßte das Licht von der Rückseite einfallen, um an der konkaven Seite der geteilten Fläche reflektiert zu werden. Die hierzu unbedingt erforderliche Versilberung der Folie ist jedoch noch nicht gelungen, auch dürfte wohl die richtige Montierung auf Schwierigkeiten stoßen, ganz abgesehen von dem störenden zweimaligen Durchgange des Lichts durch die Schicht. *J. H.*

Ein elliptischer Halbschatten-Polarisator und Kompensator.

Von D. B. Brace. *Phys. Rev.* **18.** *S. 70. 1904.*

Der leider so früh verstorbene Verf. hat für die Untersuchung elliptisch polarisierten Lichtes eine Halbschatten-Methode ausgearbeitet und damit eine sehr große Genauigkeit erzielt. Zwischen zwei gekreuzten Nicols befindet sich die doppelbrechende Platte A im Azimut θ zur Schwingungsebene des aus dem Polarisator tretenden Lichtes und entsprechend im Azimut i' die Doppelplatte B, welche aus zwei ungleich dicken, neben einander liegenden, doppelbrechenden Platten besteht. Es erzeuge der Kompensator A einen Gangunterschied von der Ordnungszahl N, B Phasendifferenzen von den Ordnungen N' und N''. Stellt man nun ein Fernrohr auf die Trennungslinie von B ein, so kann man durch Drehen von A unter gewissen Umständen die beiden Felder auf gleiche Helligkeit bringen. Ist nämlich $N < \frac{1}{4}$ und $\frac{N' + N''}{2} < \frac{1}{4}$, so gibt es zwei Stellungen von A, bei welchen im Gesichtsfelde gleichförmige Helligkeit herrscht, falls $2N > N' + N''$ ist. Die beiden anderen um 180° entfernten Lagen von A ergeben dann auch wieder gleichförmige Helligkeit. Dabei ist die Reihenfolge von A und B gleichgültig.

Da $N'' = 0$ sein kann, so läßt sich als B auch eine Platte benutzen, die das Gesichtsfeld zur Hälfte bedeckt, oder ein Streifen, welcher den mittleren Teil des anvisierten Diaphragmas bedeckt, sodaß man ein dreiteiliges Gesichtsfeld erhält. Am vorteilhaftesten ist es, B in die Lage der größten Intensität zu setzen, d. i. $i' = 45°$ zu machen. Alsdann ergeben sich beim Einstellen auf gleiche Helligkeit im Gesichtsfelde für den Winkel $\alpha = \theta - 45°$ zwei entgegengesetzt gleiche Werte, wobei $45° < |\alpha| < 90°$ bleibt. Um eine möglichst große Empfindlichkeit für die Einstellungen zu erzielen, muß, wie bei allen photometrischen Vergleichsvorrichtungen, erstens die Lichtstärke in den verschiedenen Teilen des Gesichtsfeldes eine gleichmäßige sein, also B gut planparallel, die Beleuchtung korrekt und der Einfallswinkel für alle Strahlen möglichst konstant sein und zweitens die Trennungslinie

gut verschwinden. Das letztere geschieht um so besser, je dünner B gewählt wird. Da aber mit der abnehmenden Dicke von B auch die Intensität im Gesichtsfelde bei der Einstellung auf gleiche Helligkeit abnimmt, so darf die Dicke von B nicht unter eine gewisse Grenze sinken, bei welcher noch für weißes Licht eine photometrische Empfindlichkeit von etwa 0,5 % erreicht werden kann.

Ähnlich wie bei den Halbschatten-Polarisationsapparaten läßt sich aus der photometrischen Genauigkeit der theoretische Einstellungsfehler berechnen. Wird die Intensität des aus dem Polarisator kommenden Lichtes gleich 1 gesetzt, so ist beim Einstellen auf gleiche Helligkeit die Intensität des aus dem Analysator tretenden Lichtes $J = \sin^2 2\theta \sin^2 \pi N$. Dreht man nun A um den kleinen Winkel $d\theta$ aus der Lage, bei der die Felder gleich hell sind, heraus, so mögen ihre Helligkeiten um dJ differieren. Es läßt sich dann zeigen, daß für kleine θ angenähert $\frac{dJ}{J} = 4\frac{d\theta}{\theta}$ ist.

Wird in die Lichtstrahlen eine Phasendifferenz von der Ordnung N_2 eingeführt, z. B. durch Einschalten einer Kristallplatte zwischen B und dem Analysator, so kann bei kleineren N_2 die Phasendifferenz auch direkt mit Hülfe von A kompensiert werden. Man stellt nämlich durch Drehen von A wieder auf gleiche Helligkeit ein und kann dann aus dem Drehungswinkel N_2 berechnen.

Die Empfindlichkeit des Systems wird um so größer, je dünner B, d. h. je kleiner N' ist. Theoretisch läßt sich nun berechnen, daß der kleinste brauchbare Wert für N', der noch eine genügende Intensität ergibt, etwa $N' = 0{,}001$ ist, und daß die Dicke d von B bis auf etwa $^1/_{1000}$ ihres Wertes konstant sein muß, wenn die Intensität des Feldes gleichförmig bleiben soll. In der folgenden Tabelle sind für die gewöhnlich benutzten Kristalle die Werte von d zusammengestellt, für welche $N' = 0{,}001$ ist bei Verwendung von grünem Lichte von der Wellenlänge 500 $\mu\mu$ (als solches benutzte der Verf. durch grünes Glas gegangenes Azetylenlicht).

Substanz	d in mm
Kalkspat	0,0000029
Quarz	0,000054
Glimmer	0,00010

Hiernach ist Glimmer die günstigste Substanz. Aber aus Glimmer eine Platte von 100 $\mu\mu$ Dicke und bis auf 0,1 $\mu\mu$ parallel zu schleifen, dürfte wohl nicht möglich sein. Indessen ist es dem Verf. tatsächlich gelungen, sich solche Platten zu verschaffen. Nach längerer Übung konnte er beim Spalten des Glimmers sehr dünne parallele Lamellen bis zu einigen Quadratzentimeter Größe mit einheitlicher Newtonscher Farbe erhalten. Kleinere Streifen hatten nur Dicken bis herab zu etwa 150 $\mu\mu$ ($N' = {}^1/_{675}$). Gewöhnlich zeigten die Plättchen verschiedene Farben mit sehr scharfen Grenzen; solche Lamellen sind direkt als Doppelplatte benutzbar. Die Plättchen werden mit Kanadabalsam zwischen den dünnsten Deckgläsern gekittet, die von Doppelbrechung frei sein müssen. Da Glimmer und Kanadabalsam fast das gleiche Brechungsverhältnis besitzen, so ist ein gutes Verschwinden der Trennungslinie im Gesichtsfelde von vornherein verbürgt. Solche sehr dünnen Lamellen lassen auch bei Benutzung von weißem Lichte keine Färbung im Gesichtsfelde erkennen.

In einem bestimmten Falle wurde beim Einstellen von A auf gleiche Helligkeit eine Genauigkeit von 0,1° mit weißem Licht und von 0,2° mit grünem Licht erzielt. Dabei wurde mit Hülfe einer zwischen B und dem Analysator eingeschalteten $^1/_4$ Wellenlängen-Platte aus Glimmer für grünes Licht $N = {}^1/_{75}$ und $N' = {}^1/_{100}$ ermittelt. Hieraus berechnen sich die den Werten 0,1° bezw. 0,2° entsprechenden Phasenverzögerungen zu $3 \times 10^{-5}\,\lambda$ bezw. $6 \times 10^{-5}\,\lambda$, wenn λ die Wellenlänge bezeichnet. Eine so große Genauigkeit läßt keine der bisherigen Einstellungsarten zu.

So gibt z. B. Bravais' Doppelplatte mit der sensiblen Farbe (*Pogg. Ann.* **96.** *S.* 395. *1855*) einen Phasenunterschied von $^1/_{350}\,\lambda$ an. Sehr genau ist auch die Methode von Rayleigh

(*Phil. Mag.* **4.** *S. 678. 1902*), bei der ein Glasstreifen durch Belastung gekrümmt und die Verschiebung des die neutrale Zone andeutenden schwarzen Streifens beobachtet wird; hier ist ein Gangunterschied von $^1/_{12000}\,\lambda$ eben noch wahrnehmbar. Bedeutend ungenauer ist der Babinetsche Kompensator mit den dunkelen Streifen, ebenso der Soleil-Babinetsche Kompensator mit gleichmäßigem Gesichtsfelde. Die Benutzung eines Glaswürfels als Kompensator nach Bravais und Wertheim läßt keine guten Resultate zu wegen der inneren Spannungen, die das Glas von Anfang an besitzt. Über die Genauigkeit der von Zehnder (*Verhandl. d. Deutsch. physikal. Gesellsch.* **6.** *S. 337. 1904*) gewählten Versuchsanordnung liegen Messungen nicht vor.

Das Lesen der sehr interessanten und wichtigen Abhandlung ist dadurch recht erschwert, daß für dieselbe Größe verschiedene Buchstabenbezeichnungen, für verschiedene Größen die gleichen Zeichen angewendet und Buchstaben eingeführt sind, ohne daß ihre Bedeutung näher angegeben wird. Auch kommen viele Druckfehler in den Rechnungen vor.

Schck.

Ein neues statisches Voltmeter.

Nach The Electrician **55.** *S. 705. 1905.*

Die Westinghouse Electric & Mfg. Co. hat ein neues statisches Voltmeter für sehr hohe Spannungen konstruiert. Zwischen den Platten $T_1\,T_2$ (vgl. die schematische Figur) befindet sich das an einer vertikalen Achse befestigte bewegliche System MM'; bei einer Drehung des beweglichen Systems wird der Abstand von M und T verkleinert. Wird also an $T_1\,T_2$ eine höhere Spannung gelegt, so werden in M und M' Ladungen induziert, die dem System ein Drehmoment erteilen; diesem Drehmoment wird durch eine Feder das Gleichgewicht gehalten.

Die Neuerung besteht nun darin, daß der ganze Apparat mit einem gut isolierenden Öl angefüllt ist. Dadurch ist es möglich, die Metallteile näher aneinander zu bringen, ohne daß man Entladungen zu fürchten braucht. Die Verkleinerung der Abstände und die höhere Dielektrizitätskonstante hat eine Vergrößerung der Kraftwirkung zur Folge. Gleichzeitig dient das Öl zur Dämpfung. Dadurch, daß man das bewegliche System zum Teil hohl macht, wird der Druck auf das untere Lager geringer gemacht. Durch geeignete Formgebung der Platten $T_1\,T_2$ kann man der Skale S eine einigermaßen gleichmäßige Form geben. Die Apparate sind für Spannungen bis 35000 Volt ausgeführt werden, können aber wahrscheinlich auch noch für bedeutend höhere Spannungen konstruiert werden.

E. O.

Methode zur Bestimmung der Konstante eines absoluten Elektrodynamometers.

Von G. Lippmann. *Compt. rend.* **142.** *S. 69. 1906.*

Anstatt die Konstante eines absoluten Elektrodynamometers durch Rechnung zu bestimmen, wie es bisher stets geschehen ist (vgl. z. B. *diese Zeitschr.* **17.** *S. 104. 1897*), schlägt der Verf. vor, sie auf einen Induktionskoeffizienten zurückzuführen, der auf andere Weise absolut meßbar ist.

Die Kraftwirkung der festen auf die bewegliche Dynamometerspule ist durch die Änderung gegeben, welche das gegenseitige Potential der beiden Spulen bei einer Verschiebung der beweglichen erfährt. Der Verf. benutzt nun den Umstand, daß das gegenseitige Potential zugleich den gegenseitigen Induktionskoeffizienten darstellt. Diesen will er durch Vergleich mit dem Induktionskoeffizienten zweier fester Hülfsspulen messen, und zwar

für zwei Lagen der beweglichen Spule des Elektrodynamometers. Hierdurch ist dann die Änderung des gegenseitigen Potentials und damit die Kraftwirkung des Elektrodynamometers bestimmt.

Eine experimentelle Durchführung der Methode ist bisher nicht erfolgt. *Dst.*

Neu erschienene Bücher.

S. Czapski, Grundzüge der Theorie der optischen Instrumente nach Abbe. 2. Aufl., unter Mitwirkg. des Verfassers und mit Beiträgen von M. von Rohr hrsg. v. Dr. O. Eppenstein. Aus „Handb. d. Physik". Lex. 8°. XVI, 480 S. m. 176 Abbildgn. Leipzig, J. A. Barth 1904. 14,50 M.; geb. in Halbfrz. 16,00 M.

Nach elf Jahren erscheint das Buch, in dem Abbes geometrische Optik zuerst der wissenschaftlichen Welt entgegentrat, in neuer Auflage. Der Verfasser der ersten Auflage ist an Abbes Stelle getreten, und die gleichen Gründe, die jahrzehntelang Abbe verhinderten, seine Theorien zu veröffentlichen, zwingen nun Czapski, die Neuauflage durch eine andere Hand besorgen zu lassen. Das Buch, dem man bei seinem ersten Erscheinen die allgemeinste Teilnahme entgegenbrachte, verdient dieselbe in gleichem Maße auch in seiner neuen Gestalt. Dem äußeren Zuwachs von nahe 200 Seiten entspricht eine Mehrung des inneren Gehalts, die mit sorgfältiger Ausführung Hand in Hand geht. Vergleichen wir die beiden Auflagen, so finden wir gleich beim I., von der geometrischen Optik handelnden Artikel eine neu eingefügte, sehr dankenswerte Auseinandersetzung über die Berechtigung dieser Disziplin. Der II., nach Abbes Vorlesungen geschriebene Artikel über die geometrische Theorie der optischen Abbildung hat eine schon im Nachtrag zur ersten Auflage gegebene Berichtigung erfahren. Im III., der Realisierung der optischen Abbildung durch dünne, nahe der optischen Achse verlaufende Büschel und durch schiefe Elementarbüschel gewidmeten Artikel begegnen wir manchen Erweiterungen, die Lage der Kardinalpunkte bei verschiedenen Linsengattungen, den optischen Mittelpunkt einer Linse, die Katadioptrik von Linsen und die Abbildung durch astigmatische Brechung an „doppeltgekrümmten" (besser wohl nichtsphärischen) Flächen betreffend. Der die Verzeichnung behandelnde Abschnitt wurde dem VII. Artikel zugeteilt. Wesentliche Änderungen weist der IV. Artikel über die künstliche Erweiterung der Abbildungsgrenzen auf. Hier wird insbesondere ein erweiterter Beweis des Abbeschen Sinussatzes gegeben, ohne daß indessen die naheliegende Frage, ob und wieweit die Gültigkeit des Sinussatzes zusammen mit der Aufhebung der sphärischen Aberration für endlich geöffnete Bündel auch eine hinreichende (nicht nur notwendige) Bedingung für das Zustandekommen von Bildern außer der Achse ist, geklärt würde. Der von den analytischen Theorien und den fünf Bildfehlern Seidels handelnde Abschnitt sowie der folgende über die charakteristische Funktion und das Eikonal ist seither durch die mustergültige Arbeit von K. Schwarzschild: „Untersuchungen zur geometrischen Optik" (*Abhandl. d. Göttinger Akademie* **4.**), auf die hier nachdrücklichst hingewiesen sei, in manchem überholt und berichtigt worden. So ist die Zahl der Fehler 5. Ordnung nicht 12, wie Petzval angegeben hatte, sondern nur 9. Bei den wichtigen Straubelschen Sätzen *S. 161* vermißt man die Anführung eines Beweises, und außerdem stört in der durch Zusammenziehung ohnehin schwer verständlichen Fassung ein fataler Druckfehler (Verwechslung von „oben" und „räumlich" *S. 161. Z. 10 v. u.*). Im V., von den chromatischen Abweichungen handelnden Artikel kommt *S. 178* auch Strehls Auffassung der Achromasie zur Geltung, und im VI., den Prismen gewidmeten finden wir unter andern Burmesters Untersuchungen verwertet. Das folgende, von der Strahlenbegrenzung handelnde Stück enthält neu die v. Rohrschen Untersuchungen über Verzerrung sowie ein ausgedehntes Kapitel über Helligkeit, Tiefe und Schärfe der Bilder. Dem VIII. Artikel über das Auge ist ein Anhang über das Sehen (von M. v. Rohr bearbeitet) angefügt, der insbesondere das zweiäugige Sehen und die Theorie des Stereoskops behandelt. Der gleiche Verfasser hat auch

die Neubearbeitung des IX. Artikels, das photographische Objektiv, beigesteuert. Die Knappheit dieses an sich vortrefflichen Überblickes über den Gegenstand wird manche enttäuschen; die Nichterwähnung des Görzschen Hypergondoppelanastigmats läßt sich aus dem Umstand erklären, daß die Abfassung des Artikels um mehrere Jahre zurückliegt. Neueingefügt ist der ebenfalls von M. v. Rohr verfaßte X. Artikel über die Brillen, worunter auch der „Verant" des Verfassers einbegriffen wird. Der XI. Artikel über die Lupen und der XII. über das Mikroskop sind fast unverändert wiedergegeben, letzterer hat allerdings eine Bereicherung durch Bezugnahme auf das binokulare Mikroskop erfahren. Die folgenden beiden Artikel über Projektion und Beleuchtungssysteme sind vom Herausgeber O. Eppenstein dem Buche einverleibt worden. Hier findet auch das Jenenser Ultramikroskop von Siedentopf und Zsigmondy seinen Platz. Eine gründliche Umarbeitung und Erweiterung hat der XV. Artikel über das Fernrohr durch Czapski erfahren. So finden wir beim Operngucker den Einfluß der Augapfeldrehung auf den Strahlengang berücksichtigt und den Zusammenhang von Gesichtsfeld und Vergrößerung theoretisch und praktisch erörtert. Der Abschnitt über das Keplersche Fernrohr berücksichtigt die aus der Beugungstheorie folgende Grenze des Abbildungsvermögens. Das Spiegelteleskop in seinen neuesten Phasen, die dreilinsigen Fernrohrobjektive, das Schupmannsche Medialfernrohr und die Objektive für Astrophotographie finden ihre Würdigung. Mit ersichtlicher Liebe wird endlich das Stiefkind der optischen Literatur, das Okular, insbesondere das bildaufrichtende, behandelt. Wir erfahren von den neueren wohlgelungenen Versuchen zur Verkürzung des terrestrischen Okulars und werden in die verschlungenen Wege des Lichtes in bildaufrichtenden Spiegelprismensystemen eingeführt. Das binokulare Fernrohr und das Telestereoskop bilden den Schluß dieses Artikels. Eine starke Vermehrung hat endlich der XVI. Artikel über die Methoden zur empirischen Bestimmung der Konstanten optischer Instrumente erfahren. Es sei nur auf die Übersicht der Methoden zur Bestimmung der Konstruktionselemente eines Linsensystems und auf die Diskussion der Genauigkeit des Fokusierens nach Hartmann sowie dessen Verfahren zur Ermittelung des Korrektionszustandes von Objektiven hingewiesen.

Die äußere Redaktion des innerlich so wertvollen Werkes verdient alle Anerkennung. Mustergültig sind die übersichtlichen und reichen Literaturangaben und das Register. Überall tritt das Bestreben zutage, die historische Entwickelung zu verfolgen und mit peinlichster Sorgfalt das erste Auftreten neuer Konstruktionsideen festzustellen. Ja man kann sogar behaupten, daß das an sich lobenswerte Streben, den *Ideen der Vergangenheit* gerecht zu werden, allmählich zu einer Ungerechtigkeit gegenüber den *Leistungen der Gegenwart* führt. Das überreiche Material, das in den engen Rahmen des Werkes kunstvoll verteilt ist, bringt es mit sich, daß vielfach nur der Grundgedanke einer Konstruktion erwähnt werden konnte und bezüglich der Ausführung auf die Literatur verwiesen werden mußte. So wenig das zu tadeln ist, so besteht doch das unleugbare Bedürfnis nach einem Werk, das die Theorie der optischen Instrumente wie das vorliegende von einheitlichem Gesichtspunkt aus, aber mehr ins Einzelne gehend behandelt. Das von den wissenschaftlichen Mitarbeitern der Zeissschen Werkstätte begonnene Sammelwerk über diesen Gegenstand, dessen erster Band vor Jahresfrist erschienen ist, wird die weitergehenden Wünsche befriedigen. Inzwischen freuen wir uns aufrichtig über das vorliegende Buch, das man ohne Zaudern zu den Zierden der deutschen wissenschaftlichen Literatur zählen darf.

München, im Juli 1905. *S. Finsterwalder.*

F. Hartner, Hand- und Lehrbuch der Niederen Geodäsie, begründet v. Prof. F. Hartner, fortgesetzt v. Prof. J. Wastler, in 9. Aufl. umgearbeitet u. erweitert v. Prof. E. Doležal. 2. Bd. gr. 8°. VII, 544 S. m. Abbildgn. u. 13 Taf. Wien, L. W. Seidel & Sohn 1905. Das ganze Werk, 2 Bde., 25 M.; geb. in Halbfrz. 30 M.

Seit der Anzeige des 1. Teils des 1. Bandes (*diese Zeitschr.* ***24.*** *S. 339. 1904*; über die 2. Hälfte des 1. Bandes vgl. das Ref. *diese Zeitschr.* ***25.*** *S. 30. 1905*) ist erst kurze Zeit verflossen und bereits liegt der 2. Band und damit das Werk abgeschlossen vor. Dieser Band

umfaßt die „Vertikalaufnahme“, nämlich Nivellieren (wobei das Stampfersche Messungsverfahren als „trigonometrisches Nivellieren“ ausgeschieden ist), trigonometrisches und barometrisches Höhenmessen, sodann die graphische Darstellung der Lage- und der Höhenaufnahmen (dabei auch eine „technische Terrainlehre“ mit guten Schraffendarstellungen), endlich als 3. Abteilung eine etwas reiche Zusammenstellung: Tachymetrie, Absteckungsarbeiten (Gerade, Kreisbögen, Übergangskurven; Tunnelachsen), Photogrammetrie, Militäraufnahme, Trassierungsaufgaben auf kotierten Projektionen. Eingehende Namen- und Sachverzeichnisse schließen den Band und das Werk ab.

Von Gegenständen der Instrumentenkunde seien aus diesem Bande besonders erwähnt die Libellen-Nivellierinstrumente (fast ausschließlich österreichische Formen, besonders von Starke & Kammerer, während z. B. der Selbt-Breithauptsche Typus fehlt); die verschiedenen Quecksilberbarometer (Gefäßbarometer nach Fortin und von Kappeller, Heberbarometer) und Aneroide (nach Naudet, von Goldschmid, von Starke; Reitz-Deutschbein wird man kaum als Zeigeraneroid bezeichnen dürfen, *S. 246*, bei Goldschmid ist nur die alte Einrichtung, nicht aber die von Hottinger angegeben, Wellenmann wird wohl nirgends mehr gebraucht. Bei der Berechnung barometrisch gemessener Höhen wird es nicht angehen, *S. 234*, die Methode der Rechnungshöhen, die gewöhnlich und auch vom Verf. noch als „rohe Meereshöhen“ oder „genäherte Seehöhen“ bezeichnet werden, nach Radau zu benennen, da Biot mehrere Jahrzehnte früher dieses Verfahren bereits benutzt hat). In dem Abschnitt Tachymetrie werden die tachymetrischen Instrumente in 5 Gruppen geteilt: 1. Tachymeter älterer Konstruktion (zwei Distanzfäden in gleichem Abstand vom Mittelfaden), 2. Tachymeter neuerer Konstruktion (ein fester und ein mit „Okularfilarschraubenmikrometer“ beweglicher Horizontalfaden), 3. Tachymeter mit einer Sehnen- oder Tangentenschraube, 4. automatische und Reduktions- oder Schiebe-Tachymeter, 5. Tachygraphometer (Meßtischtachymeter). Wie man sieht, ist das Einteilungsprinzip nicht für alle Gruppen dasselbe. Auch hier finden sich vorwiegend österreichische Modelle, besonders spielen die Tichý-Starkeschen Instrumente eine Rolle. Bei der 2. Gruppe von Tachymetern wird noch Messung nach der Reichenbachschen, nach der logarithmischen und nach trigonometrischen Methoden unterschieden. Bei den automatischen und Schiebe-Tachymetern sind hauptsächlich Instrumente deutscher Mechaniker angeführt: das Hammer-Fennelsche, das Kreuter-Ertelsche, die Wagner-Fennelschen und die Puller-Breithauptschen Instrumente, bei den Tachygraphometern neben Wagner-Fennel auch Starke & Kammerer (doch ist das zuletzt genannte Instrument wohl nicht als Tachygraphometer, sondern als Tachymeterkippregel zu bezeichnen, da das Absetzen der Horizontaldistanz nicht mechanisch wie bei Wagner, sondern wie bei jeder andern Kippregel geschieht). Die besondern Hülfsinstrumente zur Berechnung der tachymetrisch gemessenen Stücke: Horizontaldistanz und Höhenunterschied (§ 26) hätten vielleicht vollständiger aufgenommen werden dürfen. Bei den Tunnelabsteckungen (§ 31) wird ein von Starke & Kammerer für die österreichische Eisenbahnbaudirektion hergestellter Apparat, bestehend aus dem Absteckinstrument, drei Stativen mit drei Zentrierapparaten und zwei Signallampen vorgeführt. Jenes Instrument ist eine Art Theodolit mit Sucherhorizontalkreis von 15 *cm* Durchmesser und 1' Nonienablesung. Das Fernrohr muß sehr kräftig, dabei aber leicht und kurz sein (es ist bei 30-facher Vergrößerung nur 23 *cm* lang); die Beleuchtung des Fadenkreuzes geschieht durch die Kippachse. Das Stativ hat eine massive Kopfplatte mit großer Zentrieröffnung und drei Metallplättchen (zwei mit Nuten) zum Aufsetzen der Fußschrauben des Zentrierapparats. Dieser besteht aus einem gußeisernen Führungskörper, in dem als Schlitten die das Instrument oder die Signallampe tragende Bronzeplatte verschoben werden kann. Auch der Schlitten ist in der Mitte zum Auf- oder Abloten durchbohrt. Die Signallampe hat Azetylenflamme mit Reflektor und verschieden breite (auswechselbare) Zielspalte.

Von photogrammetrischen Instrumenten führt der Verf. vor einen Phototheodolit von Starke & Kammerer, den Universalphototheodolit nach Schell (von denselben Mechanikern) und ein Photogrammeter nach v. Hübl (von Gebr. Rost); Pulfrichs Stereo-

komparator wird nur in der Literatur angeführt. An den letzten Abschnitten des Werks ist die Instrumentenkunde kaum noch beteiligt.

Man darf den tätigen Verf. beglückwünschen zum Abschluß des umfassenden Werks, das er durch weitere Bände über die Markscheidekunde und über die höhere Geodäsie zu einem fast die ganze Geodäsie in sich begreifenden Lehrgebände vervollständigen will. Der vorliegende 1. Teil, Niedere Geodäsie, wird auch außerhalb Österreichs Beachtung finden.

Hammer.

Handbuch der Elektrotechnik. Hrsg. v. Prof. Dr. C. Heinke. Lex. 8°. Leipzig, S. Hirzel.

II. Bd. C. Heinke, J. Kollert, R. O. Heinrich u. R. Ziegenberg, Die Meßtechnik. 1. Abtlg.: Die Grundlagen d. Meßtechnik. Von Dr. C. Heinke. Mit 32 Abbildgn. 2. Abtlg. Gleichstrommessgn. 3. Abtlg: Photometrie. Von Dr. J. Kollert. Mit 376 Abbildgn. XVIII, 472 S. 1905. Geb. in Leinw. 20 M.

J. Frieks Physikalische Technik oder Anleitung zu Experimentalvorträgen sowie zur Selbstherstellg. einfacher Demonstrationsapparate. 7., vollkommen umgearb. u. stark verm. Aufl. v. Prof. Dr. O. Lehmann. I. Bd., 2. Abtlg. Lex. 8°. XX u. S. 631—1631 m. 1905 Abbildgn. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1905. 24 M.; geb. in Halbfrz. 26 M.

A. Righi u. B. Dessau, *La Telegrafia senza filo.* 2. Ausg. 8°. XII, 635 S. m. Fig. Bologna 1905. 10 M.

Müller-Pouillets Lehrbuch der Physik u. Meteorologie. 10., umgearb. u. verm. Aufl. Hrsg. v. Prof. L. Pfaundler. In 4 Bdn. Mit üb. 3000 Abbildgn. u. Taf., z. Tl. in Farbendr. I. Bd. Mechanik u. Akustik v. L. Pfaundler. 1. Abtlg. Lex. 8°. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1905. 7 M.

B. G. Teubners Sammlung v. Lehrbüchern auf dem Gebiete der mathematischen Wissenschaften m. Einschluß ihrer Anwendgn. gr. 8°. Leipzig, B. G. Teubner.

XVI. O. Staude, Analyt. Geometrie d. Punktes, der geraden Linie u. der Ebene. Ein Handb. zu den Vorlesgn. u. Übgn. üb. analyt. Geometrie. VIII, 448 S. m. 387 Fig. 1905. Geb. in Leinw. 14 M.

O. Mohr, Abhandlungen aus dem Gebiete der technischen Mechanik. Lex. 8°. IX, 459 S. m. Abbildgn. Berlin, W. Ernst & Sohn 1906. 15 M.; geb. 16,50 M.

E. Abbe, Gesammelte Abhandlungen. 2. Bd. Wissenschaftliche Abhandlgn. aus verschiedenen Gebieten; Patentschriften; Gedächtnisreden. gr. 8°. IV, 346 S. m. 16 Fig. u. 7 Taf. Jena, G. Fischer 1906. 7,50 M.; geb. 8,50 M.

P. La Cour u. J. Appel, Die Physik auf Grund ihrer geschichtlichen Entwickelung, f. weitere Kreise in Wort und Bild dargestellt. Übers. v. G. Siebert. 2 Tle. in 1 Bd. gr. 8°. XII, 496 S. u. VIII, 491 S. m. 799 in den Text eingedr. Abbildgn. u. 6 Taf. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1905. 15 M.; geb. in Leinw. 16,50 M.

Aus Natur u. Geisteswelt. Sammlung wissenschaftlich-gemeinverständl. Darstellgn. 8°. Leipzig, B. G. Teubner. Jedes Bdchn. 1 M.; geb. in Leinw. 1,25 M.

88. M. v. Rohr, Die optischen Instrumente. V, 130 S. m. 84 Abbildgn. im Text. 1906.

Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften. 8°. Leipzig, W. Engelmann.

147. J. B. Listing, Beitrag zur physiolog. Optik. Hrsg. v. Prof. Dr. O. Schwartz. 52 S. m. 1 Bildnis u. 2 Taf. 1905. Kart. 1,40 M. — J. Fraunhofer, Bestimmung des Brechungs- u. Farbenzerstreuungs-Vermögens verschiedener Glasarten in bezug auf die Vervollkommnung achromatischer Fernrohre. Hrsg. von A. v. Oettingen. 36 S. m. 1 Bildnis, 6 Fig. im Text u. 2 Fig. auf e. Taf. 1905. Kart. 1,20 M.

Sir William Ramsay, Moderne Chemie. II. Tl. Systematische Chemie. Deutsch von Chem. Dr. M. Huth. 8°. V u. S. 153—396. Halle, W. Knapp 1906. 3 M.; geb. in Leinw. 3,50 M.

J. Hann, Lehrbuch der Meteorologie. 2., neubearb. Aufl. Lex. 8°. XII, 643 S. m. 89 Abbildgn. im Text, 9 Taf. in Autotypie, 14 Karten u. 4 Tab. Leipzig, Ch. H. Tauchnitz 1906. 24 M.; geb. in Halbfrz. 26,50 M.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Kuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied, Dr. **H. Krüss**, Prof. Dr. **S. Czapski.**

Redaktion: Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XXVI. Jahrgang. **April 1906.** Viertes Heft.

Über die Bildebenung bei Spektrographen-Objektiven.

Von
Prof. Dr. **J. Wilsing** in Potsdam.

Während im allgemeinen ein Linsensystem alle Strahlen in einem *Punkte* vereinigen soll, kann man diese Forderung in dem speziellen Falle, in welchem das System das Bild eines Spektrums entwerfen soll, fallen lassen, da es genügt, wenn die den verschiedenen Farben entsprechenden Spaltbilder in einer *Ebene* liegen. Durch diese einfache Betrachtung ist Hr. Hartmann[1]) auf eine sehr bemerkenswerte Verbesserung der Leistungen des Spektrometers bezw. Spektrographen geführt worden, auf welche ich hier deshalb zurückkommen möchte, weil nach den Darlegungen *a. a. O.* die Anwendbarkeit der Methode einigen nicht erforderlichen Beschränkungen zu unterliegen scheint.

Hr. Hartmann substituiert in die Gleichung für die Brennweite einer einfachen plankonvexen Linse $F = \frac{r}{n-1}$ den Ausdruck für den Brechungsexponenten

$$n = \frac{\sin\frac{1}{2}(A+b)}{\sin\frac{1}{2}b} = \sin\frac{1}{2}A\operatorname{cotg}\frac{b}{2} + \cos\frac{A}{2}$$

und findet

$$F = \frac{r}{\sin\frac{1}{2}A\operatorname{cotg}\frac{1}{2}b - \left(1 - \cos\frac{A}{2}\right)},$$

wenn A die Ablenkung des Strahls in der Minimumstellung eines Prismas vom brechenden Winkel b bezeichnet. Diese Gleichung kann als die Polargleichung der Bildkurve betrachtet werden, wenn die astigmatische Verkürzung der Brennweite bei schief einfallenden Bündeln vernachlässigt werden darf, d. h., wenn der Beitrag der von den Quadraten der Neigung abhängigen Glieder verschwindend klein ist. Unter dieser Voraussetzung geht die vorstehende Gleichung, wenn man auf der linken Seite mit $\cos A/2$ multipliziert, in die Gleichung der geraden Linie $F \sin A = 2\,r\operatorname{tg} b/2$ über, welche im Abstande $2\,r\operatorname{tg} b/2$ dem einfallenden Strahl parallel ist. Die Vernachlässigung der quadratischen Glieder ist nur bei sehr kleiner Zerstreuung bezw. Ausdehnung des abzubildenden Spektralgebiets gestattet, wenn die Bildebene gegen die optische Achse wenig geneigt ist — im Grenzfalle $n = 1$ fällt die Linie mit der optischen Achse zusammen — oder wenn bei größeren Winkelunterschieden die Brennweite sehr kurz ist. Bei Apparaten mit größerer Zerstreuung ist selbstverständlich die Berücksichtigung der Glieder zweiter Ordnung erforderlich, und es hat daher auf Veranlassung von Hrn. Hartmann die Firma C. Zeiss in Jena ein

[1]) *Diese Zeitschr.* **20.** *S. 17. 1900;* **24.** *S. 257. 1904.*

aus zwei Linsen mit zwischenliegender Luftschicht bestehendes Objektiv konstruiert, durch welches jener Forderung genügt wird.

Die Beschränkung auf Systeme, bei denen Prismen und Objektive aus demselben Glase bestehen, oder auf Prismenspektrographen überhaupt, wie das aus den Hartmannschen Darlegungen hervorzugehen scheint, ist aber dabei nicht erforderlich. Denn wenn man mit Hülfe der Dispersionsformeln

$$n_1 = a_1 + \frac{c_1}{\lambda - l_1} \quad \text{und} \quad n_2 = a_2 + \frac{c_2}{\lambda - l_2},$$

welche für zwei beliebige Glassorten gelten, aus den Gleichungen

$$F = \frac{r}{n_1 - 1} \quad \text{und} \quad n_2 = \frac{\sin\frac{1}{2}(A + b)}{\sin\frac{1}{2}b}$$

die rechtwinkligen Koordinaten der Brennpunktskurve herleitet

$$X = \frac{\alpha_0 + \alpha_1\varphi + \alpha_2\varphi^2 \ldots}{\gamma_0 + \gamma_1\varphi + \gamma_2\varphi^2 \ldots} \qquad Y = \frac{\beta_0 + \beta_1\varphi + \beta_2\varphi^2 \ldots}{\gamma_0 + \gamma_1\varphi + \gamma_2\varphi^2 \ldots},$$

wo φ den Winkel zwischen dem Strahl und der optischen Achse bezeichnet, so sieht man, daß sich bei Vernachlässigung der quadratischen Glieder stets drei Konstanten a, b, c so bestimmen lassen, daß die Summe $aX_\varphi + bY_\varphi = c$ verschwindet. Damit ist aber die Bedingung für die Ebenung des Spektrums erfüllt. Bei einem Gitterspektrum tritt an Stelle der oben stehenden Dispersionsformel die Beziehung

$$\lambda - \lambda^0 = a\,(\sin A - \sin A^0).$$

Einige numerische Beispiele, bei welchen zunächst das Hartmannsche Rechnungsschema beibehalten werden soll, werden den Einfluß des Glases auf die Bildkrümmung anschaulich machen. Der Spektrograph bestehe aus vier Prismen von 60° brechendem Winkel (Flintglas Nr. 3). Als Objektiv soll eine einfache Linse aus demselben Glase dienen, deren Brennweite für λ 0,4341 μ 500 *mm* betrage. Mit Hülfe der obigen Formeln und der von Hrn. Hartmann[1]) berechneten Dispersionsformel

$$n = 1{,}555166 + \frac{[7{,}93872]}{(\lambda - 0{,}17060)^{1,2}}$$

erhält man für die Koordinaten der Kurve, bezogen auf ein System, dessen Anfangspunkt im optischen Mittelpunkt des Objektivs liegt, und dessen Abszissenachse mit dem Strahl λ 0,4341 μ zusammenfällt, die in der zweiten und vierten Spalte der folgenden Tabelle gegebenen Werte.

λ	X_{Fl}	X_{Cr}	Y_{Fl}	Y_{Cr}
0,3600 μ	478,3 *mm*	484,4 *mm*	− 67,9 *mm*	− 68,8 *mm*
0,3800	486,8	490,7	− 45,0	− 45,4
0,3960	491,8	494,4	− 29,6	− 29,7
0,4102	495,4	496,9	− 17,3	− 17,3
0,4227	498,0	498,6	− 8,7	− 8,7
0,4341	500,0	500,0	0,0	0,0
0,4500	502,4	501,5	+ 9,1	+ 9,1
0,4668	504,4	502,8	+ 18,3	+ 18,3
0,4862	506,4	504,0	+ 27,6	+ 27,5
0,5200	509,0	505,5	+ 39,9	+ 39,6
0,5400	510,2	506,1	+ 47,9	+ 47,5

[1]) *Astrophys. Journ.* **8.** *S. 218. 1898.*

Während hier Prismen und Objektiv aus demselben Glase bestehen, findet man, wenn für das Objektiv das von Hrn. Müller untersuchte Crownglas Nr. 4 gewählt wird

$$\left(\text{Dispersionskurve } n = 1{,}49813 + \frac{[7{,}91747]}{\lambda - 0{,}16427}\right),$$

die in der dritten und fünften Spalte gegebenen Werte der Koordinaten. Beide Kurven sind, abgesehen von einer Vergrößerung der Neigung gegen die optische Achse um etwa 5° bei dem Crownglasobjektiv, fast identisch, da die Länge des Spektrums nur um wenige Millimeter verschieden ist und die Höhe in der Mitte des Abschnitts in beiden Fällen etwa 4 *mm* beträgt.

Bei der Berechnung der Brennpunktskurve für ein ebenes Gitter möge angenommen werden, daß der Strahl λ 0,4341 auf der Gitterebene senkrecht steht, und daß zwischen der Wellenlänge λ und dem Ablenkungswinkel A die Gleichung $\lambda - \lambda^0 = 0{,}00025 \sin A$ bestehe. Bei Anwendung einer idealen, vollkommen achromatischen Linse (0) oder des Crown- oder des Flintglasobjektivs erhält man die folgenden Brennpunktskurven:

λ	X_0	X_{Cr}	X_{Fl}	Y_0	Y_{Cr}	Y_{Fl}
0,4102 μ	497,7 *mm*	494,9 *mm*	493,5 *mm*	— 47,7 *mm*	— 47,5 *mm*	— 47,3 *mm*
0,4227	499,5	498,2	497,5	— 22,7	— 22,7	— 22,6
0,4341	500,0	500,0	500,0	0,0	0,0	0,0
0,4500	499,0	500,6	501,4	+ 31,9	+ 32,0	+ 32,0
0,4668	495,7	498,8	500,4	+ 65,4	+ 65,8	+ 66,0
0,4862	489,0	493,7	495,9	+ 104,2	+ 105,2	+ 105,7

Die drei Kurven sind auch hier wenig voneinander verschieden; die von der Crownglaslinse entworfene Kurve liegt zwischen den beiden anderen, und die Pfeilhöhe in der Mitte eines Streifens von 12 *cm* Länge beträgt etwa 3 *mm*. Man sieht aus diesen Beispielen, daß, auch abgesehen von der astigmatischen Verkürzung der Brennweite bei größerer Neigung der Strahlen, die zweite Linse ein wesentliches Erfordernis für die vollständige Ebenung der Bilder ist, während die Beschaffenheit des zerstreuenden Systems und die Wahl der Glassorten eine geringere Bedeutung haben.

Die folgenden Darlegungen dürften auch ohne spezielle Durchrechnung für den Nachweis hinreichen, daß sich mit Hülfe der Doppellinse beim Gitterspektrum eine sehr vollkommene Ebenung erreichen läßt, wenn die Neigung φ der einfallenden Strahlen 6° nicht wesentlich überschreitet, sodaß bei kürzeren Brennweiten nur die quadratischen Glieder von φ berücksichtigt zu werden brauchen.

Bezeichnet man unter der Voraussetzung, daß die sphärischen Abweichungen aufgehoben sind, mit $f_{m\varphi}$ die Brennweite der meridionalen Strahlen eines dünnen Bündels, welches die erste der beiden unendlich dünnen Linsen des Systems im optischen Mittelpunkt schneidet und mit der optischen Achse den Winkel φ einschließt, so ist

$$\frac{1}{f_{m\varphi}} = \frac{n \cos x - \cos \varphi}{\cos \varphi^2} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) = \frac{n \cos x - \cos \varphi}{(n-1) \cos \varphi^2} \frac{1}{f_{0\varphi}},$$

wenn x den Brechungswinkel, n den Brechungsexponenten, r_1, r_2 und $f_{0\varphi}$ Krümmungsradien und Brennweite der Linse in der Achse bezeichnen. Bei Vernachlässigung der Glieder von höherem als dem zweiten Grade wird diese Gleichung

$$\frac{1}{f_{m\varphi}} = \left(1 + \frac{2n+1}{2n} \varphi^2\right) \frac{1}{f_{0\varphi}}.$$

In gleicher Weise erhält man für die Brennweite des sagittalen Bündels

$$\frac{1}{f_{s\varphi}} = (n\cos\chi - \cos\varphi)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) = \frac{(n\cos\chi - \cos\varphi)}{n-1}\,\frac{1}{f_{0\varphi}} = \left(1 + \frac{\varphi^2}{2n}\right)\frac{1}{f_{0\varphi}}\,.$$

Betrachtet man jetzt diese Punkte in bezug auf die zweite Linse als Objekte, so lassen sich mit Hülfe der folgenden Gleichungen

$$\left.\begin{aligned}
\frac{1}{F_{m\varphi}} &= \frac{1}{g_{m\varphi}} - \frac{1}{l_{m\varphi}} & \frac{1}{g_{m\varphi}} &= \left(1 + \frac{2n+1}{2n}\,\psi^2\right)\frac{1}{g_{0\varphi}}\\
\frac{1}{F_{s\varphi}} &= \frac{1}{g_{s\varphi}} - \frac{1}{l_{s\varphi}} & \frac{1}{g_{s\varphi}} &= \left(1 + \frac{\psi^2}{2n}\right)\frac{1}{g_{0\varphi}}\\
l_{m\varphi} &= (f_{m\varphi} - d)\left(1 + \frac{2\,d f_{m\varphi}}{(f_{m\varphi} - d)^2}\sin\frac{\varphi^2}{2}\right) & \sin\psi &= \frac{f_{0\varphi}}{f_{0\varphi} - d}\sin\varphi\\
l_{s\varphi} &= (f_{s\varphi} - d)\left(1 + \frac{2\,d f_{s\varphi}}{(f_{s\varphi} - d)^2}\sin\frac{\varphi^2}{2}\right)
\end{aligned}\right\} \quad . \quad 1)$$

— in welchen $f_{0\varphi}$ und $g_{0\varphi}$ die achsialen Brennweiten der mit der Neigung φ eintretenden Strahlen von der Wellenlänge λ_φ bezeichnen, d die Entfernung der beiden Linsen und ψ der Winkel ist, welchen der austretende Strahl im Mittelpunkt der zweiten Linse mit der Achse einschließt — die Entfernungen $F_{m\varphi}$ und $F_{s\varphi}$ der Schnittpunkte von der zweiten Linse mit der hier angestrebten Genauigkeit berechnen.

Wenn die Gleichung $f_{0\varphi} + g_{0\varphi} = 0$ erfüllt ist, so verschwindet der Astigmatismus, und auch der Petzvalschen Bedingung für die Bildebenung in der Umgebung der optischen Achse ist genügt, wenn beide Linsen aus demselben Glase bestehen. Wäre das System außerdem noch achromatisch, so würde das Spektrum in einer Ebene liegen, die auf der optischen Achse in einem Punkte senkrecht steht, dessen Entfernung von der zweiten Linse durch die Wahl der Brennweite f_0 bestimmt werden kann.

Um die durch die Farbenabweichungen bewirkte Bildkrümmung zu finden, hat man die Schnittweite F mit der Dispersion des Gitters in Beziehung zu setzen. Zunächst ergeben sich für $f_{0\varphi}$ und $g_{0\varphi}$ die Potenzreihen

$$\left.\begin{aligned}
f_{0\varphi} &= f_{00}\,\frac{n_0 - 1}{n_\varphi - 1} = f_{00}\,(1 + \alpha_1\,\varphi + \alpha_2\,\varphi^2)\\
g_{0\varphi} &= g_{00}\,\frac{n_0 - 1}{n_\varphi - 1} = g_{00}\,(1 + \alpha_1\,\varphi + \alpha_2\,\varphi^2)
\end{aligned}\right\} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 2)$$

und

Die Entwickelung der Schnittweite F_φ selbst soll für den allgemeineren Fall, wenn die achsialen Brennweiten f_{00} und g_{00} verschiedene Werte haben, durchgeführt werden, und zwar möge f_{00} positiv und g_{00} negativ sein, sodaß die Schnittweite in der Achse durch die Gleichung $F_0 = \frac{g_{00}\,(f_{00} - d)}{g_{00} - f_{00} + d}$ gegeben wird. Für die Schnittweite der sagittalen Strahlen ergibt sich dann mit Hülfe der Gleichungen 1) und 2) der folgende Ausdruck

$$\left.\begin{aligned}
F_{s\varphi} &= F_0 - F_0^2\,\alpha_1\left(\frac{1}{g_{00}} - \frac{f_{00}}{(f_{00} - d)^2}\right)\varphi\\
&+ \left\{F_0^2\,\frac{f_{00}\,d}{(f_{00} - d)^3} + \frac{F_0^2}{n}\,\frac{f_{00}^2}{(f_{00} - d)^2}\left(\frac{1}{g_{00}} - \frac{1}{f_{00}}\right) + 2\,F_0^3\,\alpha_1^2\left(\frac{1}{g_{00}} - \frac{f_{00}}{(f_{00} - d)^2}\right)^2\right.\\
&\left. + 2\,F_0^2\,\alpha_1^2\left(\frac{1}{g_{00}} - \frac{f_{00}^2}{(f_{00} - d)^3}\right) - 2\,F_0^2\,\alpha_2\left(\frac{1}{g_{00}} - \frac{f_{00}}{(f_{00} - d)^2}\right)\right\}\frac{\varphi^2}{2}\;\ldots
\end{aligned}\right\} \quad . \quad 3)$$

in welchem $\frac{2n+1}{n}$ statt $\frac{1}{n}$ zu setzen ist, wenn die Schnittweite $F_{m\varphi}$ der meridionalen Strahlen berechnet werden soll. Setzt man nun in der vorstehenden Gleichung $f_{00} = g_{00}$, so hängt die Krümmung der Kurve wesentlich von der Konstanten a_2 des quadratischen Gliedes ab, deren Betrag durch die Zerstreuung des Linsenglases und des Gitters bestimmt wird, während das der Neigung φ proportionale Glied nur eine Änderung des Winkels bewirkt, welchen die Richtung des Spektrums mit der optischen Achse einschließt, ohne die Ebenung desselben merklich zu beeinträchtigen. Da mit abnehmendem a_1 und a_2 auch die Krümmung der Bildkurve abnimmt, ist es vorteilhaft, eine Glassorte für die Linsen zu wählen, welche eine geringe Zerstreuung besitzt. Ich habe deshalb bei der Berechnung eines Beispiels das Phosphat-Crown (O. 225) gewählt, dessen Dispersion durch die Gleichung $n = 1{,}49918 + \frac{[7{,}86345]}{\lambda - 0{,}15262}$ charakterisiert wird. Die Zerstreuung des Gitters sei durch die Gleichung $\lambda - \lambda_0 = 0{,}00040 \sin\varphi$ bestimmt, und zwar möge der auf der Gitterebene senkrechte Strahl $\lambda_0 = 0{,}4341\ \mu$ mit der optischen Achse zusammenfallen. Der Neigungsunterschied der einfallenden Strahlen zwischen $\lambda\, 0{,}3800\ \mu$ und $\lambda\, 0{,}4862\ \mu$ beträgt in diesem Falle 15 Grad, und die Abhängigkeit der Brennweiten von der Neigung wird durch die Gleichung $f_{0\varphi} = g_{0\varphi} = f_{00}(1 + 0{,}07275\,\varphi - 0{,}0991\,\varphi^2)$ gegeben.

Wenn man noch für die Entfernung d der Linsen voneinander 30 *mm* annimmt und die Forderung hinzufügt, daß die dem Strahl $\lambda\, 0{,}4341\ \mu$ entsprechende Schnittweite 1000 *mm* betragen soll, so ergeben sich für f_{00} der Wert 188,853 *mm* und für die rechtwinkligen Koordinaten $X = F_\varphi \cos\psi$ und $Y = F_\varphi \sin\psi$ die in der folgenden Tabelle zusammengestellten Zahlen:

λ	X	Y	Δ
0,3800 μ	974,50 *mm*	− 159,12 *mm*	+ 3,06 *mm*
0,3900	980,08	− 129,81	+ 1,31
0,4000	985,23	− 100,50	0,00
0,4102	989,99	− 70,56	− 0,84
0,4227	995,45	− 33,76	− 1,49
0,4341	1000,00	0,00	− 1,62
0,4500	1005,82	+ 47,56	− 1,22
0,4668	1011,29	+ 98,66	0,00
0,4760	1014,04	+ 127,11	+ 0,97
0,4862	1016,87	+ 159,15	+ 2,33

Die Vergleichung der Abstände Δ der Kurvenpunkte von der geraden Linie, welche durch die Punkte $\lambda\, 0{,}4000\ \mu$ und $\lambda\, 0{,}4668\ \mu$ gezogen ist, zeigt, daß eine Ebene so gelegt werden kann, daß für eine achsiale Schnittweite von 500 *mm* die Größe der Abstände der Schnittpunkte von der Einstellungsebene auf der 10 *cm* langen Strecke des Spektrums 0,4 *mm* nicht überschreitet. Die Neigung dieser Ebene gegen die Achse beträgt etwa 82,5°. Bereits durch Beseitigung der Wirkung der Brennweitenverkürzung bei geneigt einfallenden Bündeln und durch Ebenung für den achsialen Strahl wird daher eine bemerkenswerte Annäherung an die gerade Linie erreicht, wenn das Linsenglas geringe Zerstreuung besitzt. Durch Anpassung an eine bestimmte Zerstreuung läßt sich indessen beim Gitter ebenso wie bei dem Hartmannschen Prismenspektrographen eine noch beträchtlich bessere Ebenung erreichen.

Wenn die Krümmung der Bildkurve verschwinden soll, so muß zwischen den Konstanten b und c ihrer Polargleichung

$$F_\varphi = F_0 + b\psi + c\frac{\psi^2}{2} = F_0 + b\frac{f_{0\varphi}}{f_{0\varphi} - d}\varphi + c\frac{f_{0\varphi}^2}{(f_{0\varphi} - d)^2}\frac{\varphi^2}{2}$$

eine Beziehung bestehen, welche durch die Gleichung

$$F_0\frac{f_{00}^2}{(f_{00} - d)^2} + \frac{2b^2}{F_0} = c$$

ausgedrückt werden kann.

Setzt man für b und c ihre Werte aus Gleichung 3) ein, so erhält man als Bedingung der Ebenung der Bildkurve der sagittalen Strahlen die folgende Gleichung:

$$F_0\frac{f_{00}\,d}{(f_{00} - d)^3} - \frac{f_{00}^3}{(f_{00} - d)^3} + \frac{F_0}{n}\frac{f_{00}^3}{(f_{00} - d)^3}\left(\frac{1}{g_{00}} - \frac{1}{f_{00}}\right) + 2F_0\alpha_1^2\left(\frac{1}{g_{00}} - \frac{f_{00}^3}{(f_{00} - d)^3}\right)$$

$$- 2F_0\alpha_2\left(\frac{1}{g_{00}} - \frac{f_{00}}{(f_{00} - d)^2}\right) = 0.$$

Wenn $g_{00} = f_{00}$ ist, so verschwinden die drei ersten Glieder; da aber die Werte von d, welche die Summe der beiden letzten Glieder zum Verschwinden bringen, unbrauchbar sind, so ist diese Annahme unzulässig, und die vorstehende Gleichung kann nur erfüllt werden, wenn f_{00} und g_{00} voneinander verschiedene Werte haben. Setzt man $f_{00} = 172{,}554$ *mm*, $g_{00} = 166{,}254$ *mm* und $d = 30$ *mm*, so gibt die Rechnung nach den Formeln 1) für die Koordinaten der sekundären Bildpunkte, bezogen auf den Mittelpunkt der zweiten Linse, die folgenden Zahlen:

λ	X	Y	Δ	λ	X	Y	Δ
0,3800 μ	975,99 *mm*	− 162,38 *mm*	+ 0,54 *mm*	0,4341 μ	1000,00 *mm*	0,00 *mm*	+ 0,09 *mm*
0,3900	980,74	− 132,32	+ 0,16	0,4500	1007,00	+ 48,48	+ 0,12
0,4000	985,23	− 102,36	+ 0,02	0,4668	1014,70	+ 100,79	0,00
0,4102	989,67	− 71,83	0,00	0,4760	1018,96	+ 130,07	− 0,01
0,4227	995,09	− 34,36	+ 0,02	0,4862	1023,86	+ 163,19	− 0,11

Die Abstände Δ in der vierten Spalte gelten für die gerade Linie, welche durch die Punkte $\lambda\,0{,}4102\,\mu$ und $\lambda\,0{,}4668\,\mu$ gezogen werden kann; für eine Schnittweite von 500 *mm* gehen hiernach die Abweichungen Δ von der Einstellungsebene zwischen $\lambda\,0{,}3900\,\mu$ und $\lambda\,0{,}4862\,\mu$ nicht über 0,08 *mm* hinaus. Indessen ist zu beachten, daß wegen der Verschiedenheit der Brennweiten beider Linsen Astigmatismus auftritt, und die gegen das Objektiv konvex gekrümmte Kurve der primären Schnittpunkte sich gegen die Enden des Spektrums merklich von der Ebene der sekundären Schnittpunkte entfernt. Vorteilhafter wird es daher sein, den Unterschied der Brennweiten der beiden Linsen so zu wählen, daß die beiden astigmatischen Bildkurven annähernd symmetrisch zur Einstellungsebene liegen. Geht man von den Werten $f_{00} = 181{,}370$ *mm* und $g_{00} = 178{,}370$ aus und rechnet nach den Gleichungen 1), indem man aber für die Brennweiten $f_{m\varphi}$, $f_{s\varphi}$, $g_{m\psi}$, $g_{s\psi}$ die genaueren Ausdrücke

$$\frac{1}{f_{m\varphi}} = \frac{n\cos\chi - \cos\varphi}{(n-1)\cos\varphi^2}\frac{1}{f_{00}} \qquad \frac{1}{f_{s\varphi}} = \frac{n\cos\chi - \cos\varphi}{n-1}\frac{1}{f_{00}} \text{ u. s. w.}$$

benutzt, so erhält man für die Koordinaten der Endpunkte und des Mittelspunkts des Spektrums die folgenden Zahlen:

λ	X_s	Y_s	X_m	Y_m
0,3800 μ	975,65 *mm*	− 160,61 *mm*	979,51 *mm*	− 161,25 *mm*
0,4341	1000,00	0,00	1000,00	0,00
0,4862	1020,26	+ 160,95	1023,93	+ 161,53

Bildwinkel 18,3°

und für den Abstand des zu dem achsialen Strahl $\lambda\, 0{,}4341\, \mu$ gehörenden Schnittpunkts von der Linie, welche die Mitten der Verbindungslinien beider Punktepaare $\lambda\, 0{,}3800\, \mu$ und $\lambda\, 0{,}4862\, \mu$ verbindet, $\Delta = 0{,}18$ *mm*. Bei einer Brennweite von 500 *mm* würde man daher das Spektrum von $\lambda\, 0{,}4000\, \mu$ bis $\lambda\, 0{,}4760\, \mu$ auf einem Streifen von etwa 12 *cm* Länge in der Art abbilden können, daß der Abstand der symmetrisch zur Einstellungsebene liegenden primären und sekundären Bildkurven an den Enden des Streifens nur 0,5 *mm* erreicht, während er in dem mittleren, 6 *cm* langen Teil des Spektrums 0,1 *mm* nicht überschreitet. Diese Abweichungen sind von derselben Ordnung, wie sie bei dem von Hrn. Hartmann beschriebenen Prismenspektrographen auftreten.

Ein derartiges Objektiv kann nur in Verbindung mit einer bestimmten Zerstreuung gebraucht werden. Diese Beschränkung dürfte sich indessen beseitigen lassen durch Einführung achromatischer Doppellinsen an Stelle der einfachen Linsen. Wenn beide Systeme aus demselben Flint- und Crownglas bestehen, und wenn die Brennweiten der beiden Flintglaslinsen sowohl wie diejenigen der beiden Crownglaslinsen gleiche Größe bei entgegengesetzten Vorzeichen haben, so sind der Astigmatismus und die Bildwölbung in der Nähe der Achse aufgehoben, während die chromatischen Abweichungen durch Einführung der neueren Jenenser Gläser mit ähnlicher Zerstreuung bei kurzen Brennweiten ganz unmerklich werden.

Elektrische Ferneinstellung von Uhren.

Von
Dr. S. Riefler in München.

Im Deutschen Museum von Meisterwerken der Naturwissenschaft und Technik in München wurde von meiner Firma im September 1905 in dem Saal für Astronomie eine Uhrenanlage aufgestellt, bestehend aus einer Hauptuhr unter luftdichtem Glasverschluß, einer durch diese synchronisierten Nebenuhr in staubdichtem Glasgehäuse, einer Schalttafel mit den Einrichtungen für kontinuierliche Ladung von Akkumulatoren zum Betrieb des elektrischen Aufzuges der beiden Uhren, zur Synchronisation der Nebenuhr und zum Betrieb eines Sekundenklopfers, ferner einer zweiten Schalttafel mit den Instrumenten zur Einstellung und Messung der Stromstärke in den verschiedenen Stromkreisen.

Da in Aussicht genommen ist, durch die erwähnte Nebenuhr vom Museum aus sowohl die Hauptuhr des Kgl. Telegraphenamtes, nach welcher täglich das Zeitsignal an die Post- und Telegraphenstationen in Bayern gegeben wird, als auch eine Uhr im städtischen Elektrizitätswerk zu synchronisieren, welche als Normaluhr der projektierten städtischen Zentral-Uhrenanlage dienen soll, so war darauf Bedacht zu nehmen, diese Uhren im Museum stets möglichst nahe auf richtiger Zeitangabe zu halten. Dies war auch schon deshalb geboten, weil an der Nebenuhr ein Schildchen angebracht ist mit der Aufschrift: „Diese Uhr zeigt M.E.Z. stets mit einer Genauigkeit von $\pm 0{,}2$ Sekunden.“

Durch Änderung des Luftdruckes innerhalb des Glaszylinders ist es wohl möglich, die Hauptuhr so genau zu regulieren, daß ihr täglicher Gang nur ein paar hundertstel Sekunden beträgt. Allein selbst eine so kleine Gangkonstante kann sich nach einer längeren Reihe von Tagen bis zu einem Betrag summieren, welcher die angegebene Genauigkeitsgrenze von $\pm 0{,}2$ Sekunden erreicht.

Eine Standkorrektion von dieser Größe ließe sich wohl gleichfalls mit der Luftpumpe beseitigen, wobei man eine diesen Uhren beigegebene Tabelle benutzen kann. Soll beispielsweise eine Korrektion von + 0,18 Sekunden beseitigt werden, so erniedrigt man, entsprechend der Tabelle, den Luftdruck im Glaszylinder um 10 *mm*. Wird dann nach 24 Stunden der ursprüngliche Luftdruck wieder hergestellt, so ist die Korrektion beseitigt. Diese Korrektur könnte naturgemäß nur an Ort und Stelle ausgeführt werden, was einen zeitweiligen Besuch des Museums durch eine sachkundige Person notwendig machen würde.

Um dies zu umgehen, habe ich an der Hauptuhr des Museums eine Einrichtung angebracht, welche es ermöglicht, das Pendel dieser Uhr durch Auflegen bezw. Abnehmen von Zulagegewichten von meinem mit dem Museum durch vier Drähte des Telephonkabels verbundenen Laboratorium aus auf elektrischem Weg einzustellen, wobei keinerlei Mithülfe einer zweiten Person erforderlich ist. Hinter dem Pendel ist nämlich zu beiden Seiten je ein Elektromagnet angebracht, dessen Anker mittels eines feinen Seidenfadens je ein etwa 2 *g* schweres Zulagegewicht trägt. Je nach der Stellung des Ankers wird das betreffende Zulagegewicht entweder frei schweben oder auf einen Teller zu liegen kommen, welcher 27 *cm* unterhalb der Schwingungsachse am Pendelstab angebracht ist.

Das Zulagegewicht des Elektromagneten links vom Pendelstab schwebt für gewöhnlich frei über dem Teller. Wird jedoch der Stromkreis für Beschleunigung durch den betreffenden Umschalter im Laboratorium geschlossen, so wird in der Museumsuhr der Anker angezogen, und das Zulagegewicht legt sich auf den Teller auf. Dadurch wird der Schwerpunkt des Pendels ein wenig nach oben gerückt, und es tritt eine Beschleunigung der Pendelschwingungen ein, welche so groß ist, daß die Uhr in 6 Minuten um 0,01 Sekunden, also in einer Stunde um 0,1 Sekunden voreilt. Wird der Stromkreis dann wieder unterbrochen, so hebt die Abreißfeder des Elektromagnetankers das Gewichtchen wieder vom Teller ab.

Für die Verzögerung dient der Anker desjenigen Elektromagneten, welcher sich rechts vom Pendelstab befindet. Da das entsprechende Zulagegewicht für gewöhnlich, nämlich bei offenem Stromkreis, auf dem Teller ruhen soll, so ist dieser Anker mit einer Hebelübersetzung versehen. Durch Schließen des Stromkreises wird das Gewichtchen abgehoben, worauf eine Verzögerung des Pendels eintritt.

Außer diesen beiden Stromkreisen, nämlich für Beschleunigung und Verzögerung, ist noch ein dritter Stromkreis vorhanden, welcher vom Museum nach dem Chronographen in meinem Laboratorium führt. Durch diesen letzteren wird die Nebenuhr des Museums täglich mit der Hauptuhr des Laboratoriums sowie mit der Uhr Riefler Nr. 38 der Kgl. Sternwarte verglichen und alsdann, unter Berücksichtigung der Gänge von etwa zwölf weiteren Uhren des Laboratoriums, die Standkorrektion der Museumsuhr ermittelt. Noch ehe diese den Betrag von 0,1 Sekunden erreicht, wird sie durch die Ferneinstellung, wie angegeben, beseitigt.

Es wird also die Nebenuhr chronographisch verglichen, dagegen die Hauptuhr, welche die erstere synchronisiert, durch die Ferneinstellung eingestellt. Dadurch erhält man eine Kontrolle beider Uhren zugleich. Denn wird die Nebenuhr zuerst bei Beginn der Ferneinstellung und dann eine Stunde später chronographisch verglichen, so muß, wenn beide Uhren in Ordnung sind, die zweite Ablesung einen um 0,1 Sekunden verschiedenen Wert ergeben.

Der Betriebsstrom für die drei Stromkreise wird der kontinuierlich durch Starkstrom gespeisten Akkumulatorenbatterie des Laboratoriums entnommen, welche 8 Volt

nung hat. Der Widerstand der Telephonkabelleitnng beträgt 250 Ohm nnd der -stand eines jeden der Elektromagncte der Ferneinstellung und des Chrono-n je 50 Ohm.

Die Stromstärke des Chronographenstromkreises ist daher 8/300 = 0,027 Amp. .im Heben der Znlagegewichtchen wäre dieser Strom zn stark; es ist daher in die Stromkreise der Ferneinstellung eine Widerstandsspnle von 250 Ohm eingeschaltet, sodaß sich hierfür eine Stromstärke von 8/550 = 0,014 Amp. ergibt.

Bei der großen Anzahl von Vergleichs-Uhren, welche ihrerseits wieder täglich mit der Uhr R. Nr. 38 der Kgl. Sternwarte chronographisch verglichen werden, ist es, wie die bisherigen Beobachtnngen gezeigt haben, sehr leicht, den Standfehler der Museumsuhr innerhalb der Zehntel Seknnde zn halten, selbst wenn man annimmt, daß die astronomischen Zeitbestimmungen mitunter nur eine Genanigkeit von 0,05 Seknnden besitzen. Der angegebene Maximalfehler von ± 0,2 Seknnden dürfte daher wohl selten erreicht werden.

Die Einrichtnng hat sich vom Tage der Inbetriebsetznng an bis heute vollkommen bewährt. Aus den täglichen chronographischen Vergleichnngen der Museumsnhr hat sich ergeben, daß nnr etwa alle acht bis vierzehn Tage eine Einstellnng der Uhr erforderlich ist, da ihr täglicher Gang sehr klein ist.

Dasselbe Prinzip der Einstellnng benntze ich anch innerhalb des Laboratorinms selbst, nm die Uhr R. Nr. 33 desselben anf richtiger Zeit zn halten, obgleich sie unter lnftdichtem Verschlnß steht. Dies ist diejenige Uhr, welche (in der in *dieser Zeitschr. 26. S. 49. 1906* beschriebenen Weise) den zahlreichen Interessenten telephonisch die richtige Zeit gibt.

Die Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Jahre 1905[1]).

A. Allgemeines.

Am 1. April 1905 ist Hr. Prof. F. Kohlrausch von dem Präsidium der Reichsanstalt zurückgetreten. Unter seiner zehnjährigen Leitung hat die Anstalt auf den verschiedensten Gebieten erfolgreiche Untersuchungen geliefert, von denen einige hervorgehoben werden mögen.

Auf dem Gebiete der Wärmelehre wurden Bestimmungen über die Ausdehnung der Materialien sowie über die Wasserdampfdrucke gemacht, es wurde die Messung der Temperaturen zwischen − 180° und + 1100° durch langjährige nnd mühsame Arbeiten auf eine sichere Grundlage gestellt, die wasserkalorimetrische Methode durch Einführung des Platinthermometers verfeinert, die spezifische Wärme von Gasen nach der Mischungsmethode bis zu 800° ermittelt.

1) Auszug aus dem dem Kuratorium der Reichsanstalt im März 1906 erstatteten Tätigkeitsbericht. Die Zahl der an der Anstalt ständig beschäftigten Personen beträgt 110, und zwar 40 wissenschaftliche, 50 technische, 20 Bureau- und Unter-Beamte. Dies Personal setzt sich folgendermaßen zusammen: Der Präsident, der Direktor, 13 Mitglieder, 11 Technische Hülfsarbeiter, 6 Assistenten, 8 Wissenschaftliche Hülfsarbeiter; 6 etatsmäßig angestellte Mechaniker, 37 Mechanikergehülfen, 1 Glasbläser, 1 Tischler, 1 Klempner, 2 Maschinisten, 2 Heizer; 1 Bureau-Vorsteher, 4 Expedierende Sekretäre, darunter 1 mit den Funktionen eines Technischen Assistenten, 4 Kanzleisekretäre, 5 Unterbeamte, 4 Hausarbeiter, 2 Gärtner. Als wissenschaftliche Gäste beteiligten sich die Professoren Kurlbaum und Rubens sowie Kapitän zur See a. D. Mensing, als freiwilliger wissenschaftlicher Mitarbeiter Dr. v. Baeyer.

Nachdem ein Beamter der Anstalt die Theorie der schwarzen Strahlung wesentlich gefördert hatte, gelang es, diese Strahlung zu realisieren und dadurch die sichere experimentelle Grundlage für die Theorie und die auf ihr fußende optische Temperaturmessung zu gewinnen.

Auf elektrischem Gebiete wurden die Daten über das Leitungsvermögen der Elektrolyte vervollständigt, es wurde eine neue Methode zur Bestimmung des Verhältnisses zwischen thermischem und elektrischem Leitungsvermögen ausgearbeitet und zu maßgebenden Bestimmungen der genannten Größe verwendet. Ferner gelang es, durch Versuche über das Emissions- und elektrische Leitungsvermögen von Metallen und Legierungen den Nachweis zu erbringen, daß die Maxwellsche Theorie auf diesem Erscheinungsgebiet für lange Ätherwellen erfüllt ist. Endlich hat die Anstalt die elektrischen Messungen verfeinert, die Realisierung der elektrischen Maßeinheiten durch experimentelle Untersuchungen über die Konstanz der Manganinwiderstände und die elektromotorische Kraft der Normalelemente gefördert, und es konnten auf Grund dieser Ergebnisse gesetzliche Bestimmungen über die elektrischen Maßeinheiten ausgearbeitet werden.

Auf dem Gebiete der Optik wurde die Interferenzspektroskopie durch eine neue Methode bereichert, und es wurden im Dienste der Beleuchtungstechnik und Zuckerindustrie die photometrischen und saccharimetrischen Methoden vervollkommnet. Der Umfang der Prüfungstätigkeit hat auf allen Gebieten einen großen Aufschwung genommen.

So zeigt es sich, daß die Anstalt unter der Leitung des Hrn. F. Kohlrausch ihrem Plane gemäß sowohl die Wissenschaft als die Technik gefördert hat. Es wäre aber ein müßiges und unzeitgemäßes Bemühen, eine Klassifizierung der Arbeiten unter diesen beiden Gesichtspunkten zu versuchen. Denn die gemeinschaftliche Arbeit und gegenseitige Befruchtung von Wissenschaft und Technik ist ein charakteristisches Merkmal unseres Zeitalters.

Jedenfalls werden die geschilderten Arbeiten vermöge der Zuverlässigkeit ihres Inhalts im In- und Auslande als maßgebend betrachtet und können so als vorbildlich für die künftige Tätigkeit der Anstalt gelten.

Dienstreisen und Beteiligung der Reichsanstalt an Versammlungen.

Prof. Wiebe revidierte vom 27. Februar bis 4. März die Prüfungsanstalt für Glasinstrumente in Ilmenau sowie die Prüfungsstelle für ärztliche Thermometer in Gehlberg und besuchte im Anschluß hieran die Glasinstrumenten-Fabrikanten in Schmiedefeld, Stützerbach, Ariesberg und Gera. Am 26. August fand in der Gehlberger Prüfungsstelle eine zweite Revision statt. Am 28. August nahm Prof. Wiebe an der Hauptversammlung des Vereins Deutscher Glasinstrumenten-Fabrikanten in Manebach teil.

Zwecks Verhandlung über die Beteiligung an den von der Reichsanstalt auszuführenden Untersuchungen über den Zusammenhang der Magnetisierbarkeit des Dynamoblechs mit der chemischen Zusammensetzung und thermischen Behandlung besuchte Prof. Gumlich vom 7. bis 12. Mai das Eisenhüttenwerk in Thale, den Phönix in Ruhrort, das Werk der Gebrüder Rensch in Hoffnungstal sowie die Eisenhütte Rote Erde und hatte außerdem Besprechungen mit Hrn. Prof. Wüst von der Technischen Hochschule in Aachen und Hrn. Prof. Epstein bei der Elektrizitäts-Aktiengesellschaft vorm. Lahmeyer & Co. in Frankfurt a. M. Zu gleichem Zweck verhandelte er auf seiner Reise zur Jahresversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker in Dortmund-Essen (7. Juni) mit der Hüstener Gewerkschaft, dem Stahlwerk Hösch in Dortmund und dem Bochumer Verein.

Prof. Feußner hat an der Generalversammlung der Vereinigung der Elektrizitätswerke in Breslau (18. bis 21. Juni) teilgenommen und auf der Rückreise die elektrische Überlandzentrale in Waldenburg besichtigt. Vom 24. September bis 12. Oktober hat derselbe die Elektrischen Prüfämter in Chemnitz, Ilmenau, Nürnberg, München und Frankfurt a. M. revidiert.

Den Deutschen Mechanikertag in Kiel (4. bis 5. Aug.) besuchten die Hrn. Franc von Liechtenstein, Prof. Lindeck, Blaschke und Dr. Grüneisen, ersterer im amtlichen Auftrage.

An der Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte in Meran (25. bis 30. Sept.) nahm dienstlich teil Prof. Holborn.

Ferner waren auf dieser Versammlung von Beamten der Reichsanstalt Prof. Scheel und Dr. Henning sowie der unterzeichnete Präsident anwesend, welcher außerdem verschiedene zu den Arbeitsgebieten der Reichsanstalt in Beziehung stehende industrielle Betriebe besuchte.

Dr. Rothe befand sich in dienstlichem Auftrage vom 14. bis 25. September in Hanau a. M., um die Einrichtungen der Firma W. C. Heraeus zur Erzeugung sehr hoher Temperaturen kennen zu lernen und orientierende Versuche an den in der keramischen Technik verwendeten Seger-Kegeln auszuführen. Im Anschluß hieran unterrichtete er sich über den Gebrauch der Seger-Kegel im Betriebe der Deutschen Gold- und Silber-Scheide-Anstalt in Frankfurt a. M. und hatte in Karlsruhe und in Halle a. S. Besprechungen über denselben Gegenstand mit einigen keramischen Fachleuten.

Internationale Konferenz über elektrische Maßeinheiten.

Vom 23. bis 25. Oktober 1905 tagte in der Reichsanstalt eine internationale Konferenz über elektrische Maßeinheiten. Die Veranlassung, diese Konferenz zu veranstalten, war für die Reichsanstalt durch eine von der Delegierten-Kammer in St. Louis angenommene Resolution gegeben, nach welcher eine internationale Kommission zur Neuregelung der internationalen Vereinbarungen über elektrische Maßeinheiten eingesetzt werden sollte; es schien notwendig, das einer derartigen großen Versammlung vorzulegende Programm vorher in einem kleinen Kreise Sachverständiger vorzubereiten und durchzusprechen. Im übrigen kann hier auf die veröffentlichten Sitzungsprotokolle (Anh. Nr. 2)[1]) verwiesen werden, deren recht mühsame Redaktion den Hrn. Prof. Jaeger und Lindeck zufiel.

Konferenzen, betr. zwangsweise Eichung der Elektrizitätszähler.

Vom 6. bis 8. November 1905 fanden wegen der zwangsweisen Eichung der Elektrizitätszähler in der Reichsanstalt Konferenzen mit den Vorständen der Prüfämter und Vertretern der industriellen Interessenten statt.

Sitzungen der wissenschaftlichen Beamten der Reichsanstalt.

Allmonatlich kommen die wissenschaftlichen Beamten der Reichsanstalt zu einer zweistündigen Sitzung zusammen, in welcher die einzelnen Herren über ihre neueren, im Gange befindlichen Arbeiten berichten.

B. Abteilung I.

I. Wärmelehre und Mechanik[2]).

1. Spezifische Wärme der Gase[3]).

In früheren Berichten wurde eine Methode erwähnt, die Schallgeschwindigkeit und damit die spezifische Wärme von Gasen dadurch zu bestimmen, daß man untersucht, bei welcher Zahl von Impulsen ein gegebener, mit dem Gas gefüllter, geschlossener Hohlraum anspricht. Diese Methode ist von einigen prinzipiellen Bedenken frei, die sich gegen andere Methoden erheben lassen. Sie ist nun auch experimentell, wenigstens bei Beschränkung auf den Atmosphärendruck, so weit durchgebildet worden, daß sie wohl keiner anderen an Bequemlichkeit der Ausführung nachstehen dürfte. Der Einfluß zufälliger Beobachtungsfehler ist weiter unten besprochen. Für Demonstrationszwecke und genäherte Messungen genügt auch ein äußerst einfacher, leicht zu improvisierender Apparat; für genaue Messungen sind dagegen besondere, sorgfältig ausgeführte Einrichtungen erforderlich.

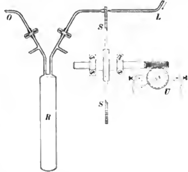


Fig. 1.

Bei den ausgeführten Messungen dient zur Tonerzeugung eine Art Sirene, eine mit drei Reihen von 60, 80 und 120 Löchern versehene, sorgfältig gearbeitete Messingscheibe S (Fig. 1), welche um eine horizontale Achse mit einer Geschwindigkeit rotiert, die bequem

[1]) Die Hinweise beziehen sich auf das Verzeichnis der Veröffentlichungen am Schluß des Berichts.

[2]) Im folgenden sind die Namen der Beamten, welche die Arbeiten ausgeführt haben, in Anmerkungen zu den einzelnen Nummern des Textes genannt.

[3]) Thiesen.

auf einen beliebigen Wert, etwa zwischen 5 und 33 Umdrehungen in der Sekunde, einzustellen ist. Zum Antrieb der Scheibe dient ein Nebenschlußmotor, der an eine Akkumulatorbatterie angeschlossen wird; die Geschwindigkeit wird reguliert 1. durch Änderung des Nebenschlusses, 2. durch Änderung der Stromstärke in einem Elektromagneten, zwischen dessen Polen die Scheibe läuft, 3. durch Verschiebung dieses Magneten, sodaß die Scheibe mehr oder weniger tief in sein Feld eintaucht. Jede 50. Umdrehung der Scheibe wird mit einer Genauigkeit von etwa ± 0,01 Sek. mittels des Kontaktmachers *U* auf einem Chronographen markiert und dadurch die Umlaufsgeschwindigkeit der Scheibe bestimmt.

Die Sirene wird in der durch die Skizze angedeuteten Weise durch einen konstanten und regulierbaren Luftstrom *L* angeblasen, der Ton zum Resonator *R* und von da zum Ohre *O* geführt. Die Beobachtung besteht darin, daß man durch Drehen einer Kurbel, die den Elektromagneten verschiebt, das Maximum der Tonstärke herbeizuführen sucht und den Motor etwa 30 Sek. lang mit dieser Geschwindigkeit laufen läßt; an eine solche durch Zeichen auf dem Chronographen abgegrenzte Beobachtung kann sogleich eine neue angeschlossen und so in kurzer Zeit eine längere Reihe unter gleichen äußeren Bedingungen gewonnen werden.

Als Form für den Resonator ist aus praktischen Gründen die zylindrische mit ebenen oder gewölbten Böden gewählt worden. Die erste Form würde bei genügender Entwickelung der Theorie auch eine absolute Bestimmung der Schallgeschwindigkeit gestatten, bei Bestimmung relativer Geschwindigkeiten besteht dagegen ein großer Vorteil der Methode gerade darin, daß sie die Kenntnis der genauen Form des Resonators nicht voraussetzt. Der Schall wird durch zwei 1 *mm* große Öffnungen mit scharfen Rändern dem Resonator zu- und von ihm fortgeführt. Da der Resonator bei Füllung mit beliebigen Gasen gegen die äußere Luft abgeschlossen werden muß, so sind in die Schall-Leitungen zwei Kapseln mit Metallmembranen eingeschaltet; bei einer Dicke von 0,03 bis 0,05 *mm* und einem Durchmesser von 20 bis 25 *mm* erlauben diese Membranen den Resonator leer zu pumpen, ohne dem Schall nach Zutritt des Gases ein merkliches Hindernis zu bieten. Letzteres gilt allerdings nur, wenn auf beiden Seiten der Membranen derselbe Druck herrscht; bei größeren Druckunter-

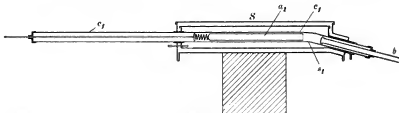


Fig. 2.

schieden tritt dagegen eine starke Schallschwächung ein, die die Beobachtung bald ungenau und unmöglich macht.

Nach der Theorie, welche auf Dämpfung der Schallwellen keine Rücksicht nimmt, würde eine Resonanz nur bei ganz bestimmten, wenn auch unendlich vielen, Frequenzen eintreten. Tatsächlich hat infolge der Schalldämpfung der Bezirk, in dem eine merkliche Resonanz stattfindet, eine gewisse Breite, und nur diesem Umstande ist es zu danken, daß Resonanzen überhaupt herbeizuführen und zu beobachten sind. Die Breite der Resonanz ist für den tiefsten Ton, der bisher vorzugsweise bei den Beobachtungen benutzt wurde, so groß, daß bei der Einstellung recht merkliche Fehler, bis etwa 1 v. H., gemacht werden können. Indessen läßt sich ein so großer Fehler bei einiger Aufmerksamkeit leicht vermeiden, namentlich durch passende Wahl der Tonstärke und dadurch, daß man zunächst an die Grenzen geht, an denen die Schallstärke stark abfällt, und dann auf die Mitte ein-

stellt, auch scheint das Optimum durch sanftere Klangfarbe ausgezeichnet zu sein[1]). Ferner drückt die leicht ausführbare Häufung der Beobachtungen die zufälligen Einstellungsfehler herab. In vielen Fällen wird die Wahl höherer Frequenzen zweckmäßiger sein; dann wird die Resonanzzone schließlich so schmal, daß es nicht ganz leicht ist, sie aufzufinden und bei den kleinen Motorschwankungen festzuhalten; die eigentlichen Einstellungsfehler sind dann also verschwindend klein.

Endgültige Beobachtungen, während derer aber zum Teil noch neue Erfahrungen gesammelt wurden, sind bisher mit zwei verschiedenen Resonatoren ausgeführt worden. Mit einem größeren Messingresonator von bekannter Länge und mit planen Endflächen wurde in trockener Luft und Kohlensäure bei 0°, 100° und 184° beobachtet; Beobachtungen in Wasserdampf scheiterten zunächst. Sodann ist mit einem etwas kleineren Resonator aus Platiniridium bei 0° in trockener Luft, Kohlensäure, Chlorwasserstoff und schwefliger Säure und bei Temperaturen bis 1000° in Luft beobachtet worden.

Zur Beurteilung der Einstellungsgenauigkeit möge die folgende Reihe von 10 Beobachtungen dienen, bei der durch Änderungen der Widerstände dafür Sorge getragen war, daß die einzelnen Einstellungen unbeeinflußt von den vorangegangenen stattfanden.

Schwingungsdauer im Platingefäß bei trockener Luft von 0°.

	Abweichung
0,0014763	− 68
867	+ 36
845	+ 14
859	+ 28
859	+ 28
818	− 13
759	− 72
825	− 6
834	+ 3
878	+ 47
Mittel: 0,0014831	

2. c_p/c_v bei verschiedenen Temperaturen (Kundtsche Methode)[2]).

Es wurde eine Untersuchung über die Änderung des Verhältnisses der spezifischen Wärmen c_p/c_v einiger Gase und Dämpfe in dem Temperaturintervall von 0° bis 500° in

Fig. 2.

Angriff genommen mit Hülfe der Kundtschen Methode der Staubfiguren. Der Apparat ist dem von Röntgen[3]) angegebenen nachgebildet mit einigen aus Fig. 2 ersichtlichen Abänderungen. Die Staubfiguren werden in den 3 *cm* weiten, am einen Ende geschlossenen Glasröhren a_1 und a_2 erzeugt, welche in den mit dem tongebenden Glasrohr b verkitteten Glasröhren c_1 und c_2 verschiebbar sind und so eingestellt werden, daß die stoßenden Enden des Glasrohres b in Knotenpunkte der stehenden Wellen fallen. Nach dem Versuch werden die beweglichen Röhren in die aus den Temperaturbädern (Dampfmantel S, Eisgefäß E) heraus-

[1]) Inzwischen ist auch eine Verbesserung dadurch erzielt worden, daß es gelang, die Obertöne der Sirene unschädlich zu machen.

[2]) Valentiner.

[3]) Beschrieben bei S. Valentiner, *Ann. d. Physik* **15.** *S. 74. 1904.*

ragenden Teile der Röhren c_1 und c_2 hineingezogen und die Staubfiguren mit Benutzung einer Glasskale gemessen. Die geringe Biegung der Glasröhren an den Stellen s_1 und s_2 erweist sich im Gegensatz zur rechtwinkligen Biegung vorteilhaft zur Vermeidung von Schallreflexionen, die die Staubfiguren unter Umständen nicht zustande kommen lassen.

Bisher wurden einige Versuche mit kohlensäurefreier, trockener Luft und mit Kohlensäure bei Siedetemperatur des Wassers und Zimmertemperatur ausgeführt. Die vorläufigen Versuche, bei welchen noch nicht alle Korrektionen mit der erreichbaren Schärfe angebracht sind, haben für Luft Unabhängigkeit des Verhältnisses c_p/c_v von der Temperatur ergeben; die größten Abweichungen der Versuche unter einander betragen etwa 1 Promille; das Mittel der Werte c_p/c_v bei 100° ist von dem der Werte c_p/c_v bei 0° um eine Größe ($^1/_{10}$ Promille verschieden, die in den Grenzen der Beobachtungsfehler liegt; für Kohlensäure ergab sich eine Abnahme des Verhältnisses c_p/c_v von 2,3% bei Zunahme der Temperatur von 0° bis 100° C.

3. Über die spezifische Wärme des Wasserdampfes [1]. Die spezifische Wärme des Wasserdampfes ist nach der im vorigen Bericht (*diese Zeitschr.* **25.** *S. 103. 1905*) angegebenen Methode bis 800° bestimmt worden. Die Ergebnisse sind veröffentlicht (Anh. Nr. 4). Für die mittlere spezifische Wärme zwischen 0 und θ° gilt bei dem konstanten Druck von einer Atmosphäre die Formel

$$c_\theta = 0{,}4460\,(1 + 0{,}00009_6\,\theta).$$

Die Explosionsversuche von Langen ergeben einen mehr als doppelt so großen Temperaturkoeffizienten.

4. Luftthermometer [2]. Die Erfolge, welche die Firma Heraeus neuerdings in der Bearbeitung des Iridiumblechs errungen hat, ließen es wünschenswert erscheinen, bei der Wiederaufnahme der luftthermometrischen Versuche, die sich auf Temperaturen über 1200° zu erstrecken haben, ein Gefäß aus Iridium zu benutzen. Nach einigen Schwierigkeiten ist es der Firma gelungen, ein luftdichtes zylindrisches Gefäß von 54 *ccm* Inhalt herzustellen, das in eine rechtwinklig gebogene Kapillare von 32 *cm* Länge und 0,07 *cm* Weite ausläuft. Das Gefäß wird in senkrechter Stellung in einem 25 *cm* langen und 3,2 *cm* weiten Iridiumrohr geheizt.

Zunächst sind die Beobachtungen, die eine Vergleichung des Luftthermometers mit konstantem Volumen und des Thermoelements aus Platin-Platinrhodium bezwecken, bis 1600° ausgedehnt. Hierbei zeigte die Gasfüllung des Gefäßes, die aus Stickstoff (auf chemischem Wege bereitet) besteht, anfangs nach jeder Heizung eine Zunahme, die sich in einer Verschiebung des Eispunkts äußerte. Diese blieb aus, nachdem der Stickstoff vor dem Einleiten in das Gefäß in einer Platinkapillare auf hohe Temperatur erhitzt wurde.

Eine größere Schwierigkeit entstand durch die Zerstäubung des Iridiums, zumal sich herausstellte, daß das sich hierbei bildende Iridiumoxyd in hoher Temperatur die 2 *mm* dicken Wandungen der unglasierten Schutzröhren (aus Marquardtscher Masse) durchdringt, die das Thermoelement umgaben. Das Iridiumoxyd schlägt sich dann an kältern Stellen auf den Drähten nieder und verändert deren Thermokraft.

Die Nernstsche Glasur bildete keinen ausreichenden Schutz gegen die Zerstäubung. Wesentlich besser wirkte die Entfernung des Sauerstoffs aus dem Heizrohr durch einen Stickstoffstrom, der käuflichen Bomben entnommen wurde. Aber vollständig befriedigt dieses Verfahren auch nicht. Das Thermoelement änderte sich immer noch, sodaß die Genauigkeit des Luftthermometers nicht ausgenutzt werden konnte. Es sind jetzt Versuche im Gange, das Thermoelement durch Quarzglas zu schützen.

5. Verdampfungswärme des Wassers [3]. Die Beobachtungen über die spezifische Wärme des Wasserdampfes ließen erkennen, daß mit den vorhandenen Mitteln die Verdampfungswärme des Wassers einfach zu bestimmen war. Die Ausführung der Messungen erschien um so wünschenswerter, als selbst für 100° nur wenige gute Messungen vorliegen und auch diese nicht besonders übereinstimmen.

[1]) Holborn, Henning.
[2]) Holborn, Valentiner.
[3]) Henning.

Die hier eingeschlagene Methode, die direkt die Verdampfungswärme in elektrischen Einheiten ergibt, besteht darin, daß einer Wassermenge durch eine Heizspule elektrisch gemessene Energie zugeführt und der entwickelte Dampf in einem Gefäß kondensiert und gewogen wird. Das Kupfergefäß, das das zu verdampfende Wasser enthält, befindet sich in einem Mantel, dessen Temperatur durch eine in Rühöl gesetzte Heizspule nahe auf der Siedetemperatur des Wassers gehalten werden kann.

Die dem Wasser im Kupfergefäß zugeführte Energie ist die Summe aus der bekannten, elektrisch gemessenen Stromwärme (K Kalorien) und der unbekannten, durch den Mantel, die Stromzuführungen und das Dampfrohr zu- oder abgeleiteten Wärme x. Bezeichnet man mit g das Dampfgewicht, so ist also die Verdampfungswärme $L = \frac{K+x}{g}$. Die im Vergleich mit K kleine Größe x hängt wesentlich von der Temperatur des Mantels ab, die leicht auf wenige Hundertstel Grad während mehrerer Stunden konstant gehalten werden kann. Infolge dessen ist die Annahme gestattet, daß x bei verschiedenen Versuchen, bei denen die zur Verdampfung aufgewendete Stromenergie geändert wird, sehr nahe dasselbe bleibt. Daher ergibt sich die Verdampfungswärme aus zwei Versuchen, bei denen K_1 und K_2 die elektrisch zugeführten Kalorien, g_1 und g_2 die Dampfgewichte bedeuten, von kleinen Korrektionen abgesehen, zu

$$L = \frac{K_1 - K_2}{g_1 - g_2}.$$

6. Kalorimetrische Messungen[1]. *Eichung eines Berthelotschen Kalorimeters.*

1. Die im Tätigkeitsbericht für 1902 (*diese Zeitschr.* **23.** *S. 117. 1903*) erwähnte Bestimmung des Wasserwertes eines Berthelotschen Kalorimeters in elektrischen Einheiten diente als Grundlage für die mit diesem Kalorimeter im Berliner Ersten Chemischen Institut ausgeführte Bestimmung der Verbrennungswärmen verschiedener organischer Substanzen (vgl. E. Fischer u. Fr. Wrede, Über die Verbrennungswärmen organischer Verbindungen. *Sitzungsber. d. Berl. Akad. 1904. S. 687*). Wie *a. a. O.* erwähnt wurde, konnte infolge der Anwendung des Quecksilberthermometers damals eine größere Genauigkeit als etwa 1 bis 2 Promille nicht erreicht werden.

Die Verbrennungswärme wird unter Zugrundelegung der elektrischen Eichung in Wattsekunden erhalten, und die angegebenen Zahlen basieren auf der Einheit des Widerstandes und dem für die Cadmiumnormalelemente zurzeit angenommenen, aus dem Silbervoltameter abgeleiteten Werte. Da die Spannung des Normalelements in den Wert der elektrischen Energie quadratisch eingeht, beträgt die absolute Unsicherheit der Zahlen das Doppelte der bei den Normalelementen vorhandenen Unsicherheit. Die elektrischen Einheiten fallen dagegen ganz heraus, wenn die für die Verbrennungswärmen erhaltenen Zahlen auf Grammkalorien umgerechnet werden und dabei diejenige Beziehung der Grammkalorie zur elektrischen Energie zugrunde gelegt wird, die in der Reichsanstalt unter Benutzung derselben elektrischen Einheiten abgeleitet worden ist (vgl. den Tätigkeitsbericht für 1904, *diese Zeitschr.* **25.** *S. 104. 1905*). Diese Bestimmung hat zur Zeit der erwähnten Veröffentlichung noch nicht vorgelegen, doch haben sich die Hrn. Fischer und Wrede in ihrer Mitteilung nicht auf die Angabe der Verbrennungswärmen in Wattsekunden beschränkt. Für die Umrechnung der Kalorien haben sie einen Faktor angewandt, der sich von dem in der Reichsanstalt bestimmten um etwa 2 ½ Promille unterscheidet, sodaß die in Kalorien angegebenen Verbrennungswärmen etwa um diesen Betrag zu hoch sind, eine Größe, die trotz der oben angegebenen Unsicherheit der Messungen von 1 bis 2 Promille nicht ohne Bedeutung ist. Leider sind diese Zahlen in die neueste Auflage der Tabellen von Landolt-Börnstein aufgenommen worden.

2. Es ist schon damals die Absicht ausgesprochen worden, die Eichung mit größerer Genauigkeit unter Anwendung von Platinthermometern nochmals auszuführen. Das im Tätigkeitsbericht für 1903 (*diese Zeitschr.* **24.** *S. 134. 1904*) beschriebene und abgebildete Platinthermometer von geringer Trägheit ist inzwischen zu der bereits erwähnten Bestimmung

[1]) Jaeger, v. Steinwehr.

der mittleren Kalorie in elektrischen Einheiten benutzt werden. Sodann hat Hr. Wrede mit einem solchen, in der Reichsanstalt hergestellten Platinthermometer die Verbrennungswärmen einer Anzahl von Substanzen neu bestimmt, und zwar mit Hülfe einer mit Platin ausgekleideten Verbrennungsbombe.

Auf Wunsch des Hrn. E. Fischer wurde deshalb auch die elektrische Eichung des Kalorimeters mit der neuen Bombe unter Anwendung des Platinthermometers vorgenommen.

Dadurch, daß dieses Platinthermometer sowohl bei der elektrischen Eichung wie bei den Verbrennungsversuchen benutzt worden ist, sind die für die Verbrennungswärmen erhaltenen Zahlen unabhängig von den Angaben des Platinthermometers, sofern dasselbe unveränderlich ist. Um indessen die neue Eichung auf die früheren reduzieren zu können, war es notwendig, die Angaben des Platinthermometers auf das Wasserstoffthermometer zurückzuführen, sodaß also auch die jetzt erhaltene Zahl einen Absolutwert darstellt. Dies ist auch schon aus dem Grunde erwünscht, damit man nicht von einem speziellen Platinthermometer abhängig ist.

Bei den neuen Messungen war außerdem der Heizwiderstand nicht direkt auf die Bombe gewickelt, sondern es wurde eine auf die Bombe aufsteckbare Heizspule verwandt nach Art des in dem Tätigkeitsbericht für 1904 (*diese Zeitschr.* **25.** *S. 104. 1905*) erwähnten Heizkörpers zur Messung der Kalorien in elektrischen Einheiten. Die Energie wurde dabei aus Spannung und Stromstärke bestimmt unter Anwendung des neuen (demnächst zu veröffentlichenden) Diesselhorstschen Kompensationsapparats mit kleinen Widerständen (10 Ohm Gesamtwiderstand), der sich für diese Zwecke gut bewährt hat.

Die Zeitmessung geschah mittels eines neuen von Peyer, Favarger & Co. in Neuchâtel gelieferten Chronographen, bei dem 1 Sek. der Länge von 1 *cm* entspricht. Bei den im vorigen Bericht mitgeteilten kalorimetrischen Messungen wurde das Schließen und Öffnen des Stroms durch Anziehen bezw. Loslassen des Magnetankers markiert, wobei durch die in beiden Fällen verschiedene Geschwindigkeit des Ankers leicht ein merklicher Fehler in der Zeitmessung entstehen konnte. Bei den neueren Versuchen vermied man dagegen diese Fehlerquelle durch Benutzung eines beim Schließen und Öffnen entstehenden Entladungs- bezw. Ladungsstroms.

Dies wurde dadurch erreicht, daß (Fig. 3) zwischen die Kontakte des Stromschlüssels S der Chronograph C mit einer Aluminiumzelle A (mit Ammoniumphosphat beschickt) und einem Lampenwiderstand W in Serie geschaltet wurde, sodaß bei geöffnetem Schlüssel die ganze Spannung der Batterie B an der Aluminiumzelle lag und sie beständig auflud. Beim Schließen des Schlüssels entlud sich dann die Aluminiumzelle durch diesen und den Chronographen, während beim Öffnen des Schlüssels der Ladestrom der Zelle durch den Chronographen floß. Auf diese Weise fallen beide Zeitmarken ganz gleichartig aus. Der bei geöffnetem Schlüssel durch die Heizspule H noch fließende außerordentlich geringe Strom kann natürlich für die Messung vernachlässigt werden.

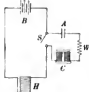


Fig. 3.

Zunächst wurde nun eine Serie von Versuchen mit der zuletzt im Ersten Chemischen Institut benutzten Anordnung des Apparats, nämlich unter Verwendung eines Berthelotschen Quirlrührers, angestellt. Doch zeigten die Messungen erhebliche, bis zu mehreren Promille gehende Abweichungen, die offenbar auf die nicht genügende Durchmischung des Wassers durch den Rührer zurückzuführen waren.

Daß tatsächlich größere Temperaturunterschiede zwischen verschiedenen Teilen des Kalorimeters vorhanden waren, wurde durch Messung mit einem Thermoelement bestätigt. Die größten Temperaturunterschiede traten zwischen dem unterhalb der Bombe befindlichen Wasser und dem übrigen Kalorimeterwasser auf.

Deshalb wurde wieder auf den früher benutzten, auf- und niedergehenden Ringrührer zurückgegriffen, bei dem die Thermoelemente viel geringere Temperaturunterschiede anzeigten. Die Übereinstimmung der Versuche war bei Anwendung dieses Rührers, selbst bei

sehr verschiedenen Geschwindigkeiten desselben, außerordentlich viel besser. Die Genauigkeit des ermittelten Wasserwertes kann auf einige Zehntausendstel geschätzt werden. Immerhin stimmen auch die mit den verschiedenen Rührern vorgenommenen Eichungen innerhalb eines Promille überein.

Im Anschluß an die vorstehend erwähnte Kalorimetereichung wurden noch verschiedene Fragen untersucht bezw. Irrtümer richtig gestellt, die auf diesem Gebiete zutage getreten waren (Anh. Nr. 6). Zunächst wurde der Frage näher getreten, inwiefern es einen Unterschied für die Eichung machen kann, ob die Joulesche Wärme an der äußeren Zylinderfläche der Bombe entwickelt wird oder im Innern derselben, wie es bei den Verbrennungsversuchen der Fall ist. Wie aber eine einfache Überlegung zeigt und in der obigen Mitteilung näher nachgewiesen ist, kann ein derartiger Unterschied prinzipiell nicht auftreten, da einem bestimmten stationären Zustand der Nachperiode stets die gleiche Temperaturverteilung im Kalorimeter entsprechen muß, unabhängig davon, auf welche Weise dieser Zustand entstanden ist. Nur wenn der Wasserwert nicht experimentell bestimmt, sondern aus den spezifischen Wärmen der einzelnen Teile berechnet wird, wie es z. B. Berthelot gemacht hat, kann durch die Trägheit der Bombe ein Fehler entstehen. Um ein Urteil über die Größe dieses Fehlers zu gewinnen, wurde die Abkühlungskonstante der Bombe bestimmt, woraus berechnet werden konnte, daß bei genügendem Rühren sowohl durch die Trägheit der Bombe wie der eingeschlossenen Gase nur ein Fehler von der Größenordnung 10^{-4} sich ergeben kann. *Sonstige kalorimetrische Beiträge.*

Betreffs der übrigen Fragen, z. B. des Stohmannschen Korrektionsgliedes für den Wärmeaustausch mit der Umgebung u. s. w., sei auf die Mitteilung selbst verwiesen.

Eine Veröffentlichung der Hrn. Richards, Henderson und Forbes in der *Zeitschr. f. phys. Chem.* über Elimination von thermischer Nachwirkung in der Kalorimetrie veranlaßte zu einer Bemerkung, die *ebenda* **54.** *S. 428. 1906* erschienen ist. Es wurde von den genannten Herren die Behauptung aufgestellt, daß das Zurückbleiben des Thermometers hinter der Temperatur des Bades, in dem es sich befindet, bei den kalorimetrischen Messungen bis jetzt nicht berücksichtigt sei, daß dadurch Fehler entständen und deshalb nahezu alle kalorimetrischen Ergebnisse, die jemals veröffentlicht wurden, inkorrekt berechnet worden seien. Demgegenüber wurde zunächst darauf hingewiesen, daß in den früheren Mitteilungen der Reichsanstalt bereits eine einfache und sichere Methode angegeben war, um die Trägheit des Thermometers in Rechnung zu ziehen. Die wegen des Zurückbleibens des Thermometers anzubringende Korrektion in Bruchteilen des Wertes ergibt sich als Quotient der Abkühlungskonstanten des ganzen Kalorimeters und des Thermometers, die leicht zu ermitteln sind. Nur unter ganz ungünstigen Verhältnissen kann, wie gezeigt worden ist, diese Korrektion Beträge erreichen, welche noch in Rücksicht zu ziehen sind. Bei den früher beschriebenen Platinthermometern ist selbst bei der äußersten Genauigkeit eine derartige Korrektion nicht anzubringen.

Das von den Verfassern als erste Methode bezeichnete Korrektionsverfahren ist daher in den meisten Fällen ohne Bedeutung. Außerdem ist das Verfahren in etwas unzweckmäßiger Weise in Anwendung gekommen.

Es wurde mit gutem Erfolge versucht, die bekannten Sättigungsdrucke des Wasserdampfes über Wasser und Eis nach der von Hertz für gesättigten Quecksilberdampf angegebenen Formel darzustellen. Ähnliche Rechnungen wurden für den Sättigungsdruck des Wasserdampfes über verdünnter Schwefelsäure auf Grund Regnaultscher Beobachtungen nach einer für Salzlösungen abgeleiteten Formel von Koláček ausgeführt. Die Ergebnisse der Rechnungen sind veröffentlicht (Anh. Nr. 7). *7. Sättigungsdrucke des Wasserdampfes über Wasser, Eis und verdünnter Schwefelsäure bei niedrigen Temperaturen[1].*

An den Metallstäben (Zylinder von 27 *cm* Länge und 1 bis 2 *cm* Durchmesser), deren thermische und elektrische Eigenschaften aus den Untersuchungen der Hrn. Jaeger und Diesselhorst zum großen Teil bekannt sind, wurde die Messung der Elastizitätskonstanten, zunächst nur bei gewöhnlicher Temperatur, in Angriff genommen. *8. Elastizitätskonstanten der Metalle[2].*

[1]) Scheel.
[2]) Grüneisen.

Der *Elastizitätsmodulus E* ließ sich in einfacher Weise dadurch erhalten, daß man die Grundtöne der freien transversalen Eigenschwingungen der Stäbe, die sämtlich zwischen 270 und 1100 Schwing./Sek. liegen, akustisch bestimmte. Aus ihnen und den Stabdimensionen läßt sich E nach der bekannten, auf hinreichend dünne Stäbe von gleichmäßigem Querschnitt bezüglichen Theorie der Transversalschwingungen berechnen.

Mehr Vertrauen verdient die zweite *statische Methode*, bei welcher in unmittelbarem Anschluß an die Definition des Elastizitätsmodulus die durch einen bekannten Zug bewirkte Längsdilatation gemessen wird.

Die zu erwartende Verlängerung eines Teiles der Stablänge war für Belastungen, wie sie ohne besondere Umstände anwendbar sind (etwa 30 *kg*), so gering, daß es zweckmäßig erschien, zur Messung der Verlängerung eine optische Interferenzmethode anzuwenden.

Die benutzte Anordnung ist durch die untenstehende Skizze (Fig. 4) schematisch angedeutet. Der Stab wird am oberen Ende seiner Längsachse von einem Wandarm A so getragen, daß er frei pendeln kann. Am unteren Ende seiner Achse greifen die Belastungsgewichte P an. Die Verlängerung wird zwischen zwei 16 *cm* voneinander entfernten Querschnitten Q_1, Q_2 des Stabes optisch gemessen. Dazu ist mit jedem Querschnitt eine von zwei planen, durchsichtig versilberten, spiegelnden Flächen S_1, S_2 starr verbunden, und zwar so, daß diese sich in horizontaler Lage mit nur 2 bis 3 *mm* Luftabstand parallel gegenüberstehen. Erzeugt man also in der so entstehenden planparallelen Luftschicht Haidingersche Interferenzringe, so macht sich eine Parallelverschiebung der Querschnitte Q_1 und Q_2 gegeneinander durch eine gleich große Abstandsänderung der Spiegelflächen und entsprechende Ringwanderung bemerkbar.

Bei der Ausführung der Methode zeigt sich, daß mit der Parallelverschiebung der Stabquerschnitte fast stets eine bedeutende Drehung derselben gegen einander um eine horizontale Achse verbunden ist, durch welche gleichfalls die Entfernung der Spiegelflächen verändert werden kann. Diese Drehungen können herrühren einmal von der Änderung der im natürlichen Zustande vorhandenen Stabbiegungen, zweitens von Inhomogenitäten innerhalb eines Querschnitts. Sie werden eliminiert durch Beobachtungen an zwei zur Achse symmetrisch gelegenen Spiegelflächenpaaren (vgl. Fig. 4), die nach einer halben Umdrehung des Stabes um seine Achse nacheinander an derselben feststehenden Blende zur Wirksamkeit kommen.

A
Q_1
S_1
S_2
Q_2
P

Fig. 4.

Diese Methode zeigt sich bei allen Stäben gut anwendbar, obwohl bei Metallen wie Zinn und Blei die elastische Nachwirkung schon bei Verschiebungen um wenige Ringe (entsprechend etwa Längsdilatationen von $3 \cdot 10^{-6}$) anfing, sich störend bemerkbar zu machen.

Die Übereinstimmung mit der akustischen Methode ist bei allen den Stäben gut, welche gleichmäßig bearbeitet sind, und deren Tonhöhe mittels Schwebungen scharf bestimmbar war. Von den Zahlenergebnissen überrascht die Größe der Elastizitätsmoduln für Iridium (etwa 53000) und Rhodium (etwa 30000 kg/mm^2).

9. Arbeiten mit dem Fizeauschen Dilatometer[1].

Im Berichtsjahre wurde zunächst die relative Ausdehnung von Platin, Palladium und amorphem Quarz gegenüber dem als Normal dienenden Ringe aus kristallinischem Quarz zwischen der Temperatur der flüssigen Luft und Zimmertemperatur gemessen. Die bisherigen Beobachtungen lieferten als wahrscheinlichste Werte für die Ausdehnung zwischen $-190°$ und $+16°$, bezogen auf 1 *m*,

Platin gegen kristallinischen Quarz	572 μ
Palladium gegen kristallinischen Quarz	1036 μ
amorpher Quarz gegen kristallinischen Quarz . . .	-1114 μ.

[1]) Scheel.

Vergleicht man diese Werte mit den auf andere Weise gefundenen (vgl. den Tätigkeitsbericht für 1904, *diese Zeitschr.* **25.** *S. 105. 1905*; Beobachter: Hr. Henning), so ergibt sich, ebenfalls wieder für das Intervall $-190°$ und $+16°$ und bezogen auf 1 *m*,

	nach Fizeauscher Methode	nach Henning
Palladium gegen amorphen Quarz . . .	$+2150\ \mu$	$+2162\ \mu$
Platin „ „ „	$+1686\ \mu$	$+1696\ \mu$
Palladium „ Platin	$+464\ \mu$	$+466\ \mu$,

also eine in Rücksicht auf die Verschiedenartigkeit der Materialien und Methoden vorzügliche Übereinstimmung.

Einen beträchtlichen Teil der Arbeitszeit absorbierte die Bestimmung der absoluten Ausdehnung des Ringes aus kristallinischem Quarz. Die Schwierigkeiten bestanden hier hauptsächlich darin, daß es mangels geeigneter Materialien fast unmöglich erscheint, Verschraubungen gegen flüssige Luft vollkommen zu dichten. Als letzter Ausweg wurde schließlich eine kleine Umänderung des Abkühlungsgefäßes vorgenommen, welche ermöglichte, nach Justierung des Interferenzapparates das Abkühlungsgefäß, soweit es in die flüssige Luft eintauchte, luftdicht zu verlöten. Auf diese Weise wurden in einer Wasserstoffatmosphäre anscheinend brauchbare Beobachtungen erzielt, welche, soweit sich das übersehen läßt, durch Beobachtungen in Stickstoff und Luft bestätigt werden, und welche als Resultat die Ausdehnung des kristallinischen Quarzes in Richtung der Achse zwischen $-190°$ und $+16°$, bezogen auf 1 *m* Länge, zu 1069 μ ergaben. Mit diesem Wert berechnet sich, ebenfalls zwischen $-190°$ und $+16°$ und bezogen auf 1 *m*, die absolute Ausdehnung von

Platin	zu 1641 μ
Palladium	„ 2105 μ
amorphem Quarz	„ $-45\ \mu$.

Die Werte für Platin und Palladium sind ebenso wie derjenige für kristallinischen Quarz kleiner (um etwa 10%), als es eine Extrapolation der für das Intervall 0° bis 100° geltenden Formeln erwarten ließe; ein ähnliches Resultat wurde auch schon aus relativen Messungen nach anderer Methode wahrscheinlich. Doch lassen sich auch die Werte bei $-190°$ mit den im Intervall 0° bis 100° beobachteten durch quadratische Formeln, die gegen die früheren ein wenig geändert sind, gut zusammenfassen. Bemerkenswert ist das Verhalten des amorphen Quarzes, welcher — eine Bestätigung des Wertes durch spätere Messungen vorausgesetzt — bei der Erwärmung von $-190°$ auf $+16°$ eine Verkürzung zeigen würde.

Die Resultate der absoluten Messungen am kristallinischen Quarz sind unter der Voraussetzung abgeleitet, daß das Gesetz des konstanten Refraktionsvermögens der Gase $(n-1)/d =$ konst. noch bis zur Temperatur der flüssigen Luft hinab gilt, und daß sich die Dichte des Wasserstoffs bei der Temperatur der flüssigen Luft genügend genau mit Hülfe des für gewöhnliche Temperatur gültigen Ausdehnungskoeffizienten berechnen läßt. Für die weitere Fortsetzung der Versuche ist nun der Apparat derartig abgeändert, daß es möglich wird, das Abkühlungsgefäß ganz oder teilweise zu evakuieren. Die verhältnismäßig große Korrektion, die von dem mit der Temperatur sich ändernden optischen Verhalten der Gasschicht im Interferenzapparat herrührt, kann dann ganz oder zum Teil beseitigt werden, wodurch die Beobachtungen erheblich an Sicherheit gewinnen. Umgekehrt erhält man dadurch auch die Möglichkeit, den Brechungsexponenten bei tiefen Temperaturen zu bestimmen und bei bekannter Dichte den Gültigkeitsgrad der Beziehung $(n-1)/d =$ konst. für verschiedene Gase bei tiefen Temperaturen festzustellen.

10. Versuche über das Setzen von Mauerwerk[1]). Die Versuche über das Setzen von Mauerwerk wurden in der bisherigen Weise fortgesetzt. Dem Beschlusse des Kuratoriums gemäß wurden zwei der Pfeiler, nämlich derjenige mit einem aus 1 Teil Zement und 40 Teilen Kalkmörtel bestehenden Bindematerial

[1]) Scheel.

sowie der aus losen Steinen aufgeschichtete, beseitigt und statt ihrer im Oktober 1905 zwei neue Pfeiler mit 1 Teil Zement und 80 bezw. 40 Teilen Kalkmörtel gemauert. Die bisherigen Untersuchungen lassen erkennen, daß die Pfeiler auch jetzt noch nicht völlig zur Ruhe gekommen sind, wenn auch die in den letzten 100 Tagen noch beobachteten Änderungen schon sehr gering sind und nahe an der Grenze der Beobachtungsfehler liegen. Von den unvermischten Materialien weisen Kalkmörtel und Gips die geringsten Veränderungen auf; unter den Zement-Kalkmörtelmischungen dürfte diejenige von 1 Teil Zement auf 20 Teile Kalkmörtel die vorteilhafteste sein, da sie ebenso wie reiner Kalkmörtel bereits nach 300 Tagen einen stationären Zustand erreicht zu haben scheint.

Die Untersuchung der neu aufgebauten Pfeiler wurde bereits am dritten Tage nach der Mauerung begonnen und in engen Zwischenräumen fortgeführt; doch waren auch die anfänglichen Veränderungen dieser Pfeiler nicht größer als die späterhin beobachteten.

II. Elektrizität.

1. Normalwiderstände[1]).

Die Quecksilbernormale Nr. XI und XIV von 1 Ohm Widerstand wurden im März 1905 unter einander und mit den 4 Drahtnormalen aus Manganin (Nr. 148a, 149a, 150a, 151 verglichen. Der Mittelwert M der vier Manganinnormale wurde wie im Vorjahr[2]) zu

$$M = 1{,}001736 \text{ int. Ohm bei } 18^{\circ}\text{ C.}$$

gefunden.

Das zeitliche Mittel für M nach den bisherigen Messungen seit November 1893 beträgt 1,001740, während der seit 1898 als unverändert angenommene Mittelwert 1,001745 ist. Die letzten Vergleichungen der Quecksilbernormale mit den Manganinnormalen geben ebenso wie die früheren Messungen keinen Grund, von diesem Wert 1,001745 abzugehen, da die relativen Änderungen zwischen den Quecksilber- und Drahtnormalen wie bisher innerhalb der Beobachtungsfehler von etwa einem Hunderttausendstel liegen, die bei der Messung mit Quecksilbernormalen auftreten.

Auch die Normalwiderstände der Abteilung II, welche zur Prüfung der eingesandten Widerstände dienen, zeigen nach den in Abteilung II vorgenommenen Messungen gegen die Vorjahre keine größeren Änderungen.

Über die bisher in der Reichsanstalt vorliegenden Messungen mit Quecksilber- und Drahtnormalen ist gemeinsam mit der II. Abteilung[3]) eine zusammenfassende Mitteilung zunächst in dieser Zeitschrift veröffentlicht worden (Anh. Nr. 13), aus der hervorgeht, daß die Eigenschaften des Manganins als Widerstandsmaterial allen Anforderungen entsprechen.

Auch im Anhang des Berichts über die Internationale Konferenz, betreffend die elektrischen Maßeinheiten ist eine kurze Zusammenfassung dieser Ergebnisse mitgeteilt worden (Anh. Nr. 12).

2. Normalelemente[4]). *Einfluß der Korngröße auf das elektromotorische Verhalten des Merkurosulfats.*

Nachdem die bisherigen Untersuchungen über die bei Merkurosulfaten verschiedener Herkunft oder Darstellungsweise beobachteten Unterschiede in der elektromotorischen Wirksamkeit zu keinerlei stichhaltigen Resultaten geführt hatten, lenkte sich die Aufmerksamkeit auf die Frage, ob nicht die schon früher an anderen Salzen beobachteten Unterschiede in der Korngröße auch bei dem Merkurosulfate von Einfluß sein könnten. Ein solcher Einfluß kann sich allerdings nur bei außerordentlich kleinen Kristallen geltend machen, und in der Tat handelt es sich bei den bisher fast ausschließlich verwendeten Produkten des Handels immer um sehr feinkörnige Präparate, ja z. T. um solche, die selbst bei 3- bis 4-hundertfacher Vergrößerung als Kristalle noch nicht erkannt werden können. Von den im nachstehenden besprochenen, über den Einfluß der Korngröße angestellten Untersuchungen sind die unter Nr. 1 bis 4 angeführten bereits in einer vorläufigen Mitteilung enthalten (Anh. Nr. 14).

---

[1]) Jaeger, v. Steinwehr.

[2]) Im vorigen Tätigkeitsbericht ist versehentlich die Zahl 1,001739 angegeben.

[3]) Jaeger, Lindeck.

[4]) v. Steinwehr.

Die Untersuchung erstreckte sich zunächst auf zwei von C. A. F. Kahlbaum in Berlin und E. Merck in Darmstadt bezogene, mit I und IV bezeichnete Sulfate.

1. Sulfat I zeigte unter dem Mikroskop eine bedeutend geringere Korngröße als IV, mußte also größere Löslichkeit als dieses besitzen. Der Unterschied der elektromotorischen Kraft zweier mit diesen beiden Sulfaten als Depolarisatoren und gesättigter Cadmiumsulfatlösung als Elektrolyten beschickten Quecksilberelektroden betrug

$$I - IV = + 5 \cdot 10^{-4} \text{ Volt},$$

was in vielen unabhängigen Versuchen beobachtet worden ist. Diese Richtung der elektromotorischen Kraft deutet auf einen Löslichkeitsunterschied in dem oben angeführten Sinne hin, sodaß schon hierdurch ein Einfluß der Korngröße wahrscheinlich gemacht ist.

2. Durch langdauerndes Feinreiben des grobkörnigen Sulfats IV gelang es, den Unterschied beider Sulfate in ihrer elektromotorischen Wirksamkeit auf den dritten bis vierten Teil herabzusetzen.

3. Von einem der weiter unten beschriebenen grobkörnigen Präparate wurde ein Teil ebenfalls sehr fein gerieben und dann ein Element mit grobem und feinem Salze zusammengesetzt, das dauernd eine elektromotorische Kraft von

$$\text{fein} - \text{grob} = + 6 \cdot 10^{-4} \text{ Volt}$$

zeigte. Beide unter 2. und 3. beschriebenen Beobachtungen lassen sich nur durch Annahme eines Löslichkeitsunterschiedes infolge verschiedener Korngröße befriedigend erklären.

4. Infolgedessen erschien es notwendig, darauf auszugehen, möglichst grobkörniges Merkurosulfat zu erzielen. Man erhielt leicht Kristallnadeln von mehreren Millimeter Länge, wenn man eine der beiden Fällungsflüssigkeiten (Merkuronitrat und Schwefelsäure bezw. Natriumsulfat) in der Wärme langsam tropfenweise in die andere hineinlaufen ließ, wodurch das immer in geringer Übersättigung vorhandene Merkurosulfat gezwungen wurde, sich größtenteils an den bereits ausgefallenen kleinen Kristallen anzusetzen. Bei den auf diese Weise erzielten Präparaten zeigte sich zwar ein in dem erwarteten Sinne liegender, bis über 1 Millivolt betragender Unterschied in der elektromotorischen Wirksamkeit gegenüber dem Sulfate I, doch waren nicht nur die Präparate unter einander verschieden, sondern es besaßen selbst mehrere mit dem gleichen Sulfate beschickte Elektroden eine voneinander abweichende elektromotorische Kraft. Diese letztere Erscheinung schien daranf hinzudeuten, daß, was auch die direkte Betrachtung bestätigte, im gleichen Präparate Kristalle sehr verschiedener Größen sich vorfanden.

5. Um die großen Kristalle von den kleinen zu trennen, wurde bei verschiedenen Fällungen der gesamte Niederschlag durch ein äußerst feinmaschiges Platindrahtnetz abgesiebt und der grobe Anteil weiter verwertet. Auf diesem Wege wurden keine besseren Resultate erzielt, sodaß man auf die Vermutung kam, die ganz feinen Kristalle möchten an den großen so fest anhaften, daß eine Trennung durch bloßes Absiehen doch nicht vollständig genug zu erzielen war.

6. Es blieb also nur noch übrig, durch abwechselndes Erwärmen und Abkühlen der Kristalle bei Gegenwart von Lösungsmittel ein Umkristallisieren und damit, wie bekannt, ein Verschwinden der kleineren auf Kosten der größeren Teilchen zu bewirken. Zu diesem Zwecke wurden Elemente mit grobkörnigen Präparaten, die erhebliche Unterschiede in der elektromotorischen Kraft zeigten, während mehrerer Tage mittels einer mechanischen Vorrichtung raschen Temperaturschwankungen zwischen 20° und 70° ausgesetzt, ohne daß es möglich gewesen wäre, eine Verkleinerung des Unterschiedes zu erreichen.

7. Die Ursache der Störungen bei großen Kristallen konnte also auf diesem Wege nicht weiter gesucht werden. Das schwankende Verhalten der damit zusammengesetzten Elemente ließ nun vermuten, daß die Konzentration an den Elektroden eine wechselnde war. Dies konnte wohl nur davon herrühren, daß die Oberfläche dieser ganz großen Kristalle zu klein war, um bei der an sich schon geringen Löslichkeit des Salzes die Lösung an Sulfat gesättigt zu halten. Diese Vermutung wurde dadurch gestützt, daß, wenn man das die

Oberfläche der Elektrode bedeckende Salz umrührte, an den Elektroden mit feinem Sulfat keinerlei Änderungen der elektromotorischen Kraft bemerkt wurden, an denen mit groben Kristallen bedeckten jedoch sofort starke Änderungen eintraten.

8. Die Darstellungsmethode wurde deshalb dahin abgeändert, daß man sowohl die ganz großen als die ganz kleinen Kristalle zu vermeiden suchte, was gelingt, wenn man das eine Fällungsmittel in dünnem Strahle unter dauerndem Umschütteln in das andere fließen läßt, wobei sich dann durchschnittlich gleich große Kristalle von einigen hundertstel Millimeter Länge bilden. Neun nach dieser Methode mit wechselndem Fällungsmittel und bei verschiedenen Temperaturen dargestellte Sulfate ergaben elektromotorisch eine bis auf einige hunderttausendstel Volt gehende Übereinstimmung. Sulfat I ist positiv gegen diese Sulfate, und zwar beträgt der Unterschied etwa $+4{,}5 \cdot 10^{-4}$ Volt.

Hierdurch ist sehr wahrscheinlich gemacht, daß die Verschiedenheit der Korngröße und der dadurch bedingte Unterschied in der Löslichkeit die Potentialunterschiede der mit den Merkurosulfaten verschiedener Herkunft bedeckten Quecksilberelektroden verursacht, obgleich bis jetzt jene, auf etwa 2 % berechneten Löslichkeitsunterschiede weder auf direktem chemischen Wege noch durch Leitfähigkeit nachgewiesen werden konnten.

Eine Verunreinigung durch die Fällungsmittel scheint infolge der verschiedenartigen Darstellungsweise ausgeschlossen zu sein.

Es wird beabsichtigt, transportable Cadmiumelemente mit dem nach obigem Verfahren hergestellten Merkurosulfate anzufertigen, um eine Vergleichung dieser Elemente mit den in andern Ländern benutzten Normalelementen herbeizuführen.

3. Metallfärbung[1]. Auf Wunsch der Deutschen Gesellschaft für Mechanik und Optik sind Versuche über die chemische Metallfärbung begonnen worden. Es handelt sich darum, festhaftende, besonders dunkele Überzüge auf Metallen wie Messing, Kupfer und Zink herzustellen, wie sie durch einen bloßen Lacküberzug nicht zu erzielen sind. In Frage kommen hierbei einerseits Oxydierung oder Schwefelung in den Oberflächenschichten, andererseits Niederschläge eventuell galvanischer Natur. Nach beiden Richtungen sind Vorversuche angestellt worden.

4. Silbervoltameter[2]. Die neueren Veröffentlichungen über das Silbervoltameter (Richards, Guthe, van Dijk) sowie die Bestrebungen, international gültige gesetzliche Ausführungsbestimmungen für das Silbervoltameter festzustellen, machten es wünschenswert, daß auch in der Reichsanstalt wieder Untersuchungen über das Silbervoltameter, und zwar mit vollkommeneren Mitteln als früher, in Angriff genommen wurden. Die Vorbereitungen zu diesen Messungen, die gemeinsam von der I. und II. Abteilung ausgeführt werden sollen, sind im Gange.

Bei diesen Versuchen handelt es sich einmal um die Feststellung, welche relative Genauigkeit mit dem Silbervoltameter unter Beachtung der neueren Fortschritte überhaupt zu erreichen ist, sodann darum, um welchen Betrag die früher in der Reichsanstalt bei der Abscheidung des Silbers benutzte Methode andere Werte liefert als die durch die Versuche als einwandsfrei festzustellende Methode. Sodann soll eventuell ermittelt werden, welche Veränderung der Silberniederschlag durch Variation der Versuchsbedingungen erfahren kann, und schließlich sollen die Messungen auch dazu dienen, den Wert der Normalelemente, die als Grundlage der Prüfungen dienen, nochmals festzulegen. Auch die Elemente mit dem neuen Merkurosulfat (vgl. oben) sollen dann mit dem Silbervoltameter bestimmt werden.

Es sind deshalb eine größere Anzahl Platingefäße verschiedener Form und Größe zum Gebrauch für silbervoltametrische Zwecke montiert worden. Um den nicht genau zu berechnenden Fehler wegen der Reduktion auf den luftleeren Raum möglichst klein zu machen, erschien es notwendig, zur Wägung der Platingefäße, wie es auch von Guthe geschehen ist, Gewichte von Platin oder Platiniridium zu verwenden. Die Kaiserliche Normal-Eichungs-Kommission hat der Reichsanstalt für diese Wägungen eine Stückrathsche Wage mit automatischer Vertauschung der Belastung sowie einen bis 500 *g* reichenden Gewichtssatz von Platiniridium zur Verfügung gestellt. An dieser Wage waren für den vorliegenden Zweck

[1] v. Steinwehr.
[2] Jaeger, Lindeck.

noch einige kleine Änderungen nötig; auch ist sie zur Handhabung und Ablesung aus der Ferne eingerichtet worden. Zur Zeitmessung ist ein Chronograph von Peyer, Favarger & Co. in Neuchâtel mit zwei Schreibstiften angeschafft worden, der auch bei den kalorimetrischen Messungen (s. *S. 116*) bereits gute Dienste getan hat.

5. Elektrometer[1]). *Herstellung von Platinbändern aus Wollaston-Draht.*

Bei der Messung von Wechselpotentialen mit dem Quadrant-Elektrometer sind gutleitende metallische Aufhängedrähte erforderlich. Man pflegt gewöhnlich die sogenannten Wollaston-Drähte anzuwenden, d. h. in einer Silberhülle fein gezogene Platindrähte, die vor dem Gebrauch durch Abätzen von der Silberhülle befreit werden. Da flache Bänder, wie sie z. B. bei Drehspulengalvanometern benutzt werden, eine geringere Direktionskraft besitzen als Drähte aus gleichem Material und von gleichem Querschnittt, so wurde versucht, die Wollaston-Drähte in der Silberhülle flach zu walzen, um durch die bei gleicher Tragfähigkeit geringere Direktionskraft eine größere Empfindlichkeit des Elektrometers zu erzielen. Es zeigte sich, wie zu erwarten war, daß der Platindraht nicht so stark ausgewalzt wird wie die weichere Silberhülle, aber doch hinreichend, um die leichte Operation lohnend zu machen.

Bänder, welche aus Draht von 0,01 und 0,015 *mm* Durchmesser hergestellt waren, besaßen eine etwa 3- bis 4-mal kleinere Direktionskraft als runde Drähte von gleichem Querschnitt, während die Tragfähigkeit dieselbe war. Unter dem Mikroskop betrachtet oder auch beim elektrischen Glühen erwiesen sich die Bänder als durchaus gleichmäßig. Einschnürungen oder Risse, welche die Tragfähigkeit beeinflußt hätten, waren nicht vorhanden.

In bezug auf elastische Nachwirkung verhielten sich die Bänder ähnlich wie die als brauchbar bekannten Platindrähte. An ungeglühten Bändern war nach lange dauernden großen Ausschlägen eine störende Nachwirkung vorhanden. Nach Erhitzen bis zur Rotglut und darauf folgendem häufigen Hin- und Her-Tordieren verschwand bei einem 4 *cm* langen Band die Nachwirkung auch nach lange dauernden Ausschlägen, welche den Bereich einer Skale von 1000 *mm* Länge umfaßten, bis auf einige zehntel Millimeter.

Durch das Glühen wird die Tragfähigkeit der Drähte und Bänder stark herabgesetzt. Nach dem Glühen war die Tragfähigkeit, pro Querschnittseinheit berechnet, etwa von der Größe, wie sie für dicke Drähte von gleichem Metall angegeben wird, während sie vor dem Glühen das Drei- und Vierfache davon betrug und etwa dieselbe war, wie die von Quarzfäden gleichen Querschnitts.

Für die praktische Handhabung besteht ein Vorzug der Bänder vor den Drähten darin, daß sie besser sichtbar sind und sich stets flach legen, während die Drähte sich gern zu Schlingen verwickeln. Versuche, das Platin in einer Kupferhülle dünn auszuwalzen, führten zu keinem brauchbaren Ergebnis, weil die Bänder zwar dünner ausfielen, aber an den Rändern so ausgezackt waren, daß die Tragfähigkeit zu gering wurde.

Die flach gewalzten Wollaston-Drähte in Silberhülle können von der Firma W. C. Heraeus in Hanau bezogen werden.

6. Absolute Messung von Selbstinduktionen[2]).

Liegt die zu messende Selbstinduktion in einem Zweige der Wheatstoneschen Brücke, während die Gleichstrombedingung für Stromlosigkeit der Brücke erfüllt ist, so kann bekanntlich (Dorn) aus dem beim Öffnen des Hauptstroms erfolgenden ballistischen Ausschlag in der Brücke die Selbstinduktion berechnet werden, wenn Hauptstromstärke und Galvanometerkonstante bekannt sind. Sorgt ein geeigneter Unterbrecher dafür, daß in steter Folge beim Schließen bezw. Öffnen des Hauptstroms die Brücke mit Galvanometer geöffnet bezw. geschlossen ist, so ist der Galvanometerausschlag konstant und proportional der Unterbrechungszahl (Klemenčič). Wird endlich das Galvanometer in der Brücke durch ein Differentialgalvanometer ersetzt, durch dessen eine Windung die regelmäßige Folge von Extraströmen, durch dessen andere ein von den Polen derselben Batterie abgezweigter Strom geschickt wird, der als konstant betrachtet werden kann, wenn der Widerstand der Batterie klein ist gegen den der Brückenanordnung, so kann mittels dieses konstanten Stromes der Ausschlag auf Null gebracht und damit eine Beziehung hergestellt worden, welche un-

[1]) Diesselhorst.

[2]) Grüneisen.

abhängig von Batteriespannung und Galvanometerkonstante die Selbstinduktion aus der Unterbrechungszahl und den verschiedentlichen Widerständen zu berechnen gestattet.

Die nach dieser Methode angestellten Messungen von Selbstindnktionsnormalen (0,1 und 0,001 Henry) zeigten zwar die Verwendbarkeit der Methode, wurden jedoch vorläufig unterbrochen, weil die benutzten Unterbrechervorrichtungen den hohen Anforderungen an Gleichmäßigkeit des Ganges und widerstandsfreie Kontakte nicht völlig entsprachen.

7. Versuche über die chemische Wirkung von elektrischen Leitungsströmen in Gasen[1].

Es wurde mit Erfolg versucht, günstige und reprodnzierbare Bedingungen für die Erzielung einer hohen Ausbeute von Ozon bei der elektrischen Entladung aus metallischen Elektroden in atmosphärischer Luft zu finden. Außerdem wurde der Einfluß des Feuchtigkeitsgehalts auf die Ausbeute an Ozon studiert und die Menge des bei dem erwähnten Vorgang oxydierten Stickstoffs gemessen. Die Untersuchung ist noch nicht abgeschlossen.

III. Strahlung.

A. Temperaturstrahlung.

1. Schwarzer Körper aus Iridium[2].

Um die Schmelzpunkte der Platinmetalle auf optischem Wege zu bestimmen, wurde ein schwarzer Körper aus einem Iridiumrohr hergestellt. Die strahlende Rückwand bildet ein Pfropfen aus Magnesia. Hierbei wirkt die Zerstäubung des Iridiums störend, insofern namentlich bei Temperaturen über dem Platinschmelzpunkt die zu schmelzenden Metalle sehr bald durch Iridium legiert werden, sodaß der Schmelzpunkt stark von der Dauer des Anheizens abhängt. Es soll deshalb das Iridiumrohr mit Stickstoff gefüllt und außerdem in eine Hülle gebracht werden, sodaß es auch von außen mit einer Stickstoffatmosphäre umgeben werden kann, in der die Zerstäubung nur gering ist.

2. Lichtemission verschiedener Metalle[2].

Beobachtungen mit dem optischen Pyrometer im roten und grünen Licht haben ergeben, daß die Emission von Platin und Iridium, relativ zum schwarzen Körper von gleicher Temperatur, innerhalb der Grenze der Beobachtungsfehler von der Temperatur unabhängig ist, die bei Platin zwischen 700° und 1600°, bei Iridium zwischen 1100° und 1600° variiert wurde. Hieraus folgt für eine bestimmte Farbe auch die Konstanz des Absorptionsvermögens innerhalb der erwähnten Temperaturgrenzen. Weiter ergab sich, daß das aus diesen Messungen abgeleitete Absorptionsvermögen mit den aus Reflexionsmessungen bei Zimmertemperatur gewonnenen Werten übereinstimmt. Dasselbe gilt für Gold und Silber, deren Emission an dem Schmelzpunkt bestimmt wurde.

Zur Messung des Reflexionsvermögens von Iridium, das noch nicht bekannt war, wurde ebenfalls das optische Pyrometer benutzt. Man bestimmt mit diesem Instrument einmal die Temperatur eines auf etwa 1000° geheizten schwarzen Körpers, sodann die schwarze Temperatur seines Spiegelbildes, das mit einem kleinen Planspiegel aus dem zu messenden Metall erzeugt wird. Das Reflexionsvermögen R dieses Metalls läßt sich dann nach der Formel

$$\log \text{nat}\, R = \frac{14\,500}{\lambda}\left\{\frac{1}{S_1} - \frac{1}{S_2}\right\}$$

berechnen, wo S_1 die absolute schwarze Temperatur der Strahlungsquelle, S_2 die des Spiegelbildes bedeutet. Als Strahlungsquelle ist der schwarze Körper unerläßlich, weil glühende Metallbleche für das Verfahren zu ungleichmäßig sind. Der Strom der Glühlampe im Pyrometer wird mit dem Kompensationsapparat gemessen. Beobachtungen an Platin und Silber ergaben, daß das Reflexionsvermögen in weiten Grenzen von dem Einfallswinkel unabhängig ist.

Die Beobachtungen der Emission von Silber, Gold und Platin sind veröffentlicht (Anh. Nr. 5). Iridium unterscheidet sich nicht merklich von Platin; im roten Licht beträgt das Absorptionsvermögen 0,32, im grünen 0,33.

B. Lumineszenzleuchten.

1. Interferenzpunkte[4].

Im Anschluß an frühere Untersuchungen über die Interferenzen planparalleler Platten (vgl. die Tätigkeitsberichte für die Jahre 1901, 1902, 1903) wurde das Phänomen der Interferenzpunkte gefunden. Solche Interferenz-*Punkte* (Anh. Nr. 16) entstehen, wenn zwei Systeme von Interferenz-*Streifen* sich kreuzweise überlagern. Wie sich zeigen läßt, hat man in den

[1]) Warburg, Leithäuser.
[2]) Holborn, Valentiner.
[3]) Holborn, Henning.
[4]) Gehrcke.

Interferenzpunkten ein willkommenes Mittel, die Leistungsfähigkeit der Spektralapparate hoher Auflösungskraft in gewisser Hinsicht zu steigern. Bei der bisherigen Konstruktion dieser Apparate ist nämlich wegen der großen Nähe der Spektren hoher Ordnungszahl der Wellenlängenbereich $\Delta\lambda$ zwischen zwei Spektren, d. h. das Dispersionsgebiet, außerordentlich klein, wodurch die Anwendung der Interferenzen hoher Ordnungszahl beschränkt wird. Mittels der Interferenzpunkte erreicht man nun eine Erhöhung dieses Dispersionsgebiets $\Delta\lambda$, ohne das Auflösungsvermögen des Spektroskops dadurch irgendwie herabzusetzen.

Die genannten Interferenzpunkte sind ferner noch als Kriterium für die Unterscheidung echter Trabanten von sog. „Geistern" sehr geeignet. Es dürfte hiermit zum ersten Mal ein *direktes* Verfahren angegeben worden sein, welches gestattet, sich vor den stets mehr oder weniger stark auftretenden Fehlern planparalleler Platten zu hüten. Man kann jetzt auch die Wellenlänge der früher nur qualitativ beobachteten Trabanten von Spektrallinien in eindeutiger Weise messen. Die Methode der Interferenzpunkte zur Trennung echter und falscher Linien ist übrigens keineswegs auf planparallele Platten beschränkt, sondern auf jede Art von Spektralapparaten übertragbar.

2. Wellenlängen der Trabanten der Quecksilberlinien[1]).

Die von Lummer und Gehrcke gefundene komplizierte Struktur der Quecksilberlinien wurde an Hand der oben genannten Interferenzpunkte aufs neue, und zwar jetzt unter Messung der Wellenlänge, untersucht. Es bestätigte sich das frühere Ergebnis, daß der Bau der meisten Linien überaus kompliziert ist, doch stellten sich im einzelnen vielfach Abweichungen von den älteren Beobachtungen heraus, da diese zum Teil durch „Geister" (vgl. oben) gefälscht waren. Die Resultate dieser Untersuchung sind veröffentlicht (Anh. Nr. 17).

3. Struktur anderer Spektrallinien[2]).

Untersuchungen über die Struktur anderer Spektrallinien sind in Angriff genommen, aber noch nicht beendet. Insbesondere handelt es sich hierbei um die durch ihre Verwendung zur Ausmessung des Meters (Michelson) wichtigen Cadmiumlinien. Es wurde bisher gefunden, daß auch die Cadmiumlinien, im Einklang mit früheren Angaben, kompliziert gebaut sind, wenn auch die Verhältnisse hier bei weitem nicht so verwickelte sind wie bei den Hg-Linien. Dagegen sind die Zinklinien einfach, ohne jede Spur von Trabanten. Die Linien des Wismuts, welche bisher noch nicht untersucht worden sind, besitzen eine größere Zahl von Trabanten.

4. Quarzlampen[3]).

Bei der Erzeugung der Spektra kommen als Lichtquellen entweder Geißlersche Röhren oder aber Metalldampfbögen im Vakuum zur Verwendung. Besonders die letztere Form der Lichtquelle ist wegen ihrer hervorragenden Intensität und der trotzdem gewahrten Schärfe der Linien für spektroskopische Zwecke sehr geeignet. Die technischen Schwierigkeiten, solche Vakuumbogenlampen herzustellen, sind durch Verwendung des amorphen Quarzes weit geringer geworden. Immerhin erfordert aber bisher jedes einzelne Metall bezw. jede Metallmischung ihre besondere Behandlung. Am leichtesten gelingt es Metalldampfbögen herzustellen, denen Quecksilber beigemengt ist. Wir haben bisher Cadmiumamalgam, Zinkamalgam und Wismutamalgam mit Erfolg verwendet. Bei richtiger Behandlung brennen derartige Lampen viele Stunden lang, ohne zu verlöschen. Die Zündung der Lampen gelingt hier, im Gegensatz zu der Quecksilberlampe, nicht immer sofort. Dieser Punkt ist augenscheinlich bisher der weiteren Verwendung von Metalldampflampen zu technischen Beleuchtungszwecken hinderlich gewesen. Auch will es bisher nicht gelingen, die von der Pumpe abgeschmolzenen Quarzlampen längere Zeit brennend zu erhalten. Wie sich herausgestellt hat, diffundieren Wasserstoff und Kohlenwasserstoffe aus der Luft durch heißen Quarz hindurch und zerstören das Vakuum. In der Tat ist die Diffusion von Methan durch Quarz auch inzwischen schon durch Berthelot (*Compt. rend.* ***140.*** *S. 824. 1905*) entdeckt worden.

(Fortsetzung folgt.)

[1]) Gehrcke, Williams, v. Baeyer.
[2]) Gehrcke, v. Baeyer.
[3]) Gehrcke, v. Baeyer.

Referate.

Integrator für gewöhnliche Differentialgleichungen.

Von A. Kriloff. *Bull. Acad. Imp. des Sciences de St.-Pétersbourg* **20.** *S. 17. 1904.*

James Thomson hat einen Integraphen angegeben, welchen sein Bruder, Lord Kelvin, zu einer mechanischen Integration der linearen Differentialgleichungen benutzt hat. Aber Lord Kelvin hat nur das Prinzip mitgeteilt, nach dem eine mechanische Integration der linearen Differentialgleichungen ermöglicht werden kann; auf eine nähere Durchführung scheint er nicht weiter eingegangen zu sein, und einzelne gelegentliche Vorschläge von ihm würden bei der instrumentellen Ausführung auf große Schwierigkeiten führen.

Der Verf. hat das Problem, eine gewöhnliche lineare Differentialgleichung mechanisch zu integrieren, unter Benutzung von Ideen Lord Kelvins, von neuem in Angriff genommen. Es ist vielleicht von allgemeinerem Interesse, auf die prinzipielle Seite der Aufgabe hier kurz einzugehen. Eine lineare Differentialgleichung n-ter Ordnung kann auf die Form

$$y^{(n)} + p_1 y^{(n-1)} + p_2 y^{(n-2)} + \ldots + p_n y + q = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 1)$$

gebracht werden, wo $p_1, p_2, \ldots p_n, q$ beliebig gegebene, hier aber als regulär vorauszusetzende Funktionen der unabhängigen Veränderlichen x bedeuten und, wie üblich, zur Abkürzung

$$y^{(n)} = \frac{d^n y}{dx^n}, \qquad y^{(n-1)} = \frac{d^{(n-1)} y}{dx^{n-1}} \ldots .$$

gesetzt ist. Unter der mechanischen Integration der Differentialgleichung 1) versteht man nun die graphische Darstellung einer Integralkurve $y = f(x)$ mit Hülfe einer mechanischen Vorrichtung, wenn erstens die Kurven

$$p_1(x), \quad p_2(x), \ldots p_n(x), \quad q(x)$$

zeichnerisch gegeben und zweitens die sogenannten „Anfangsbedingungen" vorgeschrieben sind, nämlich daß für einen gewissen Wert $x = a$

$$y = b_0, \quad y' = b_1, \quad y'' = b_2, \quad \ldots \quad y^{(n-1)} = b_{n-1}$$

sein soll.

Die mechanische Lösung des Verf. ergibt sich nun aus folgenden Überlegungen. Man setze $z = y^{(n)}$, ferner

$$\left.\begin{array}{l} z_1 = \int_a^x z\,dx + b_{n-1} = y^{(n-1)}, \qquad z_2 = \int_a^x z_1\,dx + b_{n-2} = y^{(n-2)}, \\ \ldots, \qquad z_n = \int_a^x z_{n-1}\,dx + b_0 = y \end{array}\right\} \quad . \quad . \quad 2)$$

dann ist z_1 aus z, z_2 aus $z_1, \ldots z_n$ aus z_{n-1} durch Benutzung eines Integraphen zu ermitteln, d. h. eines Instruments, welches, wenn eine durch die Gleichung $y = f(x)$ analytisch dargestellte Kurve graphisch gegeben ist, die Kurve

$$z = \int_a^x f(x)\,dx = \varphi(x) - \varphi(a)$$

bei gegebenem Anfangswert $\varphi(a)$ zeichnet.

Hätte man nun n irgendwie gebaute Integraphen, so würde die obige Differentialgleichung erfüllt sein, wenn man die Apparate so verbinden könnte, daß die Relation

$$z + p_1 z_1 + p_2 z_2 + \ldots + p_n z_n + q = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 3$$

identisch, d. h. für jeden Wert von x besteht. Zur mechanisch-instrumentellen Lösung dieser Relation, auf welche das Problem nunmehr zurückgeführt ist, hatte Lord Kelvin, wie gesagt, keine praktisch ausführbaren Vorschläge gemacht. Der Verf. zerlegt die Aufgabe in zwei Teile: erstens, gegeben $p_k(x)$ und $z_k(x)$ (für $k = 1, \ldots n$), gesucht das Produkt $Z_k = p_k(x) \cdot z_k(x)$; zweitens, die Gleichung

$$z + Z_1 + Z_2 + \ldots + Z_n + q = 0$$

für jeden Wert von x zu erfüllen. Zur Lösung des ersten Teils konstruiert er eine mechanische Vorrichtung, welche er Multiplikator nennt. In Fig. 1 ist COE ein mit zwei Schlitzen versehener, um O drehbarer rechter Winkel; in den Schlitzen laufen bei C und E zwei auf den stets zueinander senkrechten Linealen CK, EL bewegbare Schieber. Es ist

$$LE:KC = OL:OK,$$

d. h., wenn $OK = 1$, $CK = p_k(x)$, $OL = z_k(x)$, $LE = p_k(x) \cdot z_k(x) = Z_k(x)$. Der zweite Teil der Aufgabe kann durch den von Lord Kelvin angegebenen „Ausgleicher" (*égaliseur*) gelöst werden. Man denke sich $n+1$ Rollen $A_0, A_1, \ldots A_n$ (Fig. 2) so befestigt, daß ihre

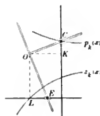


Fig. 1.

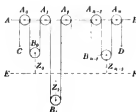
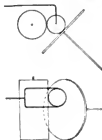


Fig. 2.


Fig. 3.

Mittelpunkte auf einer und derselben Geraden AB liegen; in derselben Weise seien n bewegliche Rollen $B_0, B_1, \ldots B_{n-1}$ zunächst auf der Geraden EF (der Null-Linie) angeordnet. Um die Rollen sei ein unausdehnbarer Faden von konstanter Länge in der aus Fig. 2 ersichtlichen Art geschlungen, seine Enden seien bei C und D befestigt. Bewegt man nun die Rollen $B_0, \ldots B_{n-1}$ irgendwie senkrecht zur Nullgeraden EF, so erfüllen die Abstände $Z_0, Z_1, \ldots Z_{n-1}$ ihrer Mittelpunkte von der Null-Linie EF stets die Bedingung

$$Z_0 + Z_1 + \ldots Z_{n-1} = 0.$$

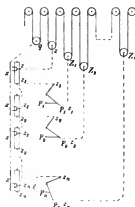


Fig. 4.

Um nun die Vereinigung dieser Gedanken zur Integration der vorgelegten Differentialgleichung 1) zu übersehen, sei zuvor an die Konstruktion des Thomsonschen Integraphen erinnert (vgl. Fig. 3). Er besteht aus einer Kreisscheibe, welche um eine schräg gestellte Achse drehbar ist. Parallel zu dieser Scheibe ist die Achse eines drehbaren geraden Kreiszylinders angeordnet, dessen Mantel die Scheibe nicht berührt. Eine Kugel überträgt die Drehung der Scheibe auf den Zylinder dadurch, daß sie beide gleichzeitig berührt, und zwar so, daß bei ihrem Entlangrollen längs einer Seite des Zylindermantels ihre Spur auf der Scheibe durch den Mittelpunkt derselben geht. Ist y der jeweilige Abstand des Berührungspunkts von Kugel und Scheibe vom Mittelpunkt der letzteren, und wird die Scheibe um dx (in absolutem Bogenmaß) gedreht, so dreht sich der Zylinder um den Winkel $d\varphi = y\,dx$ (in absolutem Bogenmaß); daher ist $\varphi - \varphi_0 = \int_{x_0}^{x} y\,dx$. Die Bewegung der Kugel ist nach der gegebenen, zu integrierenden Kurve $y = f(x)$ vermöge einer Gabelführung zu dirigieren.

Nunmehr ist die mechanische Verknüpfung der zur Integration der Differentialgleichung 1) erforderlichen Apparate aus vorstehendem Schema ersichtlich (Fig. 4). Die punktierten Linien sollen andeuten, daß zwischen den betreffenden Teilen eine zwangläufige Verbindung besteht. Man benötigt dazu n Integraphen, n Multiplikatoren und einen Aus-

gleicher von $n+2$ beweglichen Rollen. Die Scheiben sämtlicher Integraphen und die erste Rolle, welche ihren Abstand von der Null-Linie gemäß der Funktion $q(x)$ verändert, sind zwangläufig verbunden, ebenso die zweite Rolle und die erste Gabelführung, die dritte Rolle über den ersten Multiplikator und den Zylinder des ersten Integraphen hinweg mit der zweiten Gabelführung, u. s. f. In Fig. 4 sind an jedem Apparatenteil die durch ihn gebildeten Funktionen bezeichnet. Durch veränderte Verbindung der Einzelapparate besteht natürlich die Möglichkeit, andere als lineare Differentialgleichungen zu integrieren.

Was nun die praktische Ausführung dieses Schemas anlangt, so zeigt sich zunächst, daß der Thomsonsche Integraph hier nicht brauchbar ist, weil die Reibung der Kugel nicht ausreicht, eine Anzahl zwangläufiger Bewegungen sicher zu übertragen. Der Verfasser wählt daher einen dem von Abdank-Abakanowicz (vgl. *diese Zeitschr.* **24.** *S. 213. 1904*) angegebenen ähnlichen Integraphen.

Weitere konstruktive Einzelheiten werden jedoch leider nicht mitgeteilt; doch scheinen genauere Konstruktionspläne vorhanden zu sein, nach welchen der Apparat in der Werkstatt für Präzisionsmechanik von R. Wetzer, St. Petersburg, ausgeführt werden soll.

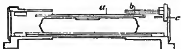
Es wäre sehr wünschenswert, wenn der Verf. nach der jedenfalls nicht leichten Fertigstellung des ebenso geistreichen wie komplizierten Apparates ausführlich auf Konstruktionseinzelheiten, auf das Arbeiten mit dem Apparat, auf die erreichbare Genauigkeit und andere Erfahrungen einginge. Bei der Wichtigkeit, welche derartige mathematische Instrumente für die moderne Technik haben — Ref. erinnert an die harmonische Analyse, für welche der vorliegende Apparat natürlich ebenfalls brauchbar ist, — scheint es um so notwendiger, möglichst viel Erfahrungsmaterial mitzuteilen, als bis jetzt ein Sammelpunkt hierfür vollständig fehlt und auch über die Methoden, mathematische Instrumente zu prüfen, so gut wie nichts bekannt ist. *Rt.*

Die Zwicky-Reißsche Libelle.

Der ersten Notiz über diese Anordnung der Berichtigung einer Röhrenlibelle (*diese Zeitschr.* **26.** *S. 30. 1906*) ist nachzutragen, daß neuerdings die Firma R. Reiß noch eine andere naheliegende Form ausgeführt hat: statt die verschiebbare Teilung in Form eines vertikal stehenden Messingplättchens über die Libellenröhre zu setzen, wird die Teilung auf einen durchsichtigen Zelluloidstreifen aufgetragen, der die Form des Libellenrohrs hat, und sich dicht über diesem in der Längsrichtung der Libelle bewegen läßt. Er wird dazu am einen Ende von einer leichten Metallzange gefaßt, und diese und damit das Zelluloidplättchen wird nach Bedarf mit Hülfe eines an der Libellenfassung angebrachten Rädchens mit geriffeltem Rand in Bewegung gesetzt. Das Libellenrohr trägt wieder nur einen, in der Färbung von den Strichen der verschiebbaren Teilung sich gut abhebenden Indexstrich zum Ablesen des Betrags der Verschiebung. Zuerst sollte ein Überrohr oder eine Platte aus Glas als Träger der Libellenteilung verwendet werden; schließlich wurde aber durchsichtiges Zelluloid vorgezogen (das an der dem Ref. vorliegenden Libelle, die nur einen Versuch vorstellt, noch zu glänzend ist). Das Glas hätte den Vorzug größerer Konstanz der Teilung gehabt, das Zelluloid ist weniger leicht der Zerstörung ausgesetzt. In jedem Fall wird durch das Überglas oder die Zelluloidplatte ein sehr willkommener Schutz des Glasgefäßes der Libelle gegen Temperatureinflüsse erreicht. Wie Prof. Zwicky dem Ref. mitzuteilen die Güte hatte, ist auch bereits in der Werkstätte für geodätische Instrumente von Kern & Co. in Aarau dieselbe Konstruktion ausgeführt worden: Teilung verschiebbar auf einem das Libellenglas umhüllenden Glasmantel. Ganz neuerdings ist die Firma Reiß doch zur Glasplatte zurückgekehrt, weil das Zelluloid im Lauf der Zeit *trübe* wird. Die zwei umstehenden Figuren erläutern die Einrichtung: *a* ist die bewegliche Glasplatte, *c* das gerändelte Bewegungsschräubchen, *b* die Fassung.

Bemerkt sei auch noch, daß sich in manchen Kreisen an die neue Anordnung der Berichtigung der Röhrenlibelle z. T. allzu weit gehende Hoffnungen und Wünsche zu knüpfen scheinen. Wenn auch die in all ihrer Einfachheit sicher sehr wichtige Erfindung in Be-

ziehung auf *Spannungsfreiheit* den meisten der bisher benutzten Einrichtungen überlegen ist — und hierauf legt Zwicky größeres Gewicht als auf die Möglichkeit der Verschiebung der Teilung — so genügen die alten Einrichtungen, Zug- und Druckschraube, Zugschraube und Druckfeder u. s. f. doch sicher für weniger feine Libellen bis z. B. 20 *m* Schliffhalbmesser (Empfindlichkeit rund 26″ auf den Strich von $2\frac{1}{2}$ *mm* Länge), während man anderseits Libellen schon von etwa 60 *m* Schliffhalbmesser und jedenfalls bei 80 *m* oder noch größerem Schliff-





halbmesser (8″ bis 9″ oder 6″ bis 7″ bei derselben Entfernung der Teilstriche) stets besser abliest als einspielt. Bei *sehr* feinen Libellen (5″ oder 4″, womit man bereits an der Grenze des auf Stativen Möglichen angelangt ist, oder noch kleinerem *α* zur Verwendung auf Steinpfeilern u. dgl.) ist ja ohnehin von Arbeit „mit einspielender Libelle" keine Rede mehr und in diesem Fall ist auch die Art der Justiervorrichtung nicht besonders wichtig, vorausgesetzt nur, daß sie keine merklichen Spannungen auf die Libellenmaterialien übertragen kann.

Hammer.

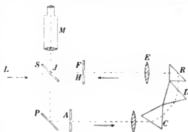
Spektrohelioskop.

Von A. Sauve. *Mem. della Soc. degli Spettroscopisti Italiani* **33.** *S. 54. 1904.*

Neue Vorrichtung zur Erzeugung eines monochromatischen Bildes einer Lichtquelle.

Von A. Nodon. *Compt. rend.* **141.** *S. 1010. 1905.*

Bei den zuerst von Hale und Deslandres konstruierten Spektroheliographen, die zur Aufnahme des Sonnenbildes im Lichte einer einzigen Wellenlänge dienen, müssen entweder die ganzen, schweren Spektrographen oder wenigstens wichtige Teile derselben wie der Spalt oder die photographische Platte während der Aufnahme bewegt werden. Dasselbe war bei den früher von anderer Seite konstruierten Protuberanzspektroskopen der Fall. Die beiden Verf. beschreiben nun Einrichtungen, bei welchen der Spektrograph selbst während der Beobachtung in Ruhe bleibt, und nur der das Licht auf den Spalt reflektierende Spiegel bewegt wird.



Sauve verwendet zur Zerlegung des Lichts einen Spektralapparat mit parallelem Kollimator- und Kamerarohr, ganz ähnlich dem von Hale benutzten Spektrographen. Das von der Projektionslinse, bei Sonnenbeobachtungen also vom Fernrohrobjektiv kommende Lichtbüschel fällt von *L* her auf die untere Seite des Spiegels *S*, von da auf den Spiegel *P* und auf den Spalt *A* des Spektralapparates. In der Spaltebene wird das Bild der Lichtquelle, also der Sonne, entworfen, aus welchem der Spalt einen Vertikalschnitt entnimmt, dessen Licht durch die Prismen *C* und *D* zerlegt wird. *R* ist ein rechtwinkliges Reflexionsprisma. Das scharfe Spektrum wird von der Linse *E* in der Bildebene *F* entworfen, in welcher nun ein zweiter Spalt *H*, der in dieser Ebene beliebig eingestellt werden kann, das monochromatische Bild jenes Vertikalschnittes, also — wenn man von der durch die Prismen bewirkten Linienkrümmung absieht — ein ebenes Lichtbüschel *HJ*, absondert. Dieses fällt bei *J* auf die obere, ebenfalls spiegelnde Seite des Spiegels *S* und wird von da in das Beobachtungsrohr *M* geworfen, welches auf den Ort des spektralen Bildes, also auf die zweite Spaltebene *F* scharf eingestellt ist.

Befindet sich der Spiegel *S* nun in rotierender oder oszillierender Bewegung um eine auf der Zeichenebene senkrechte Achse, so fallen nacheinander die Bilder der verschiedenen

Vertikalschnitte der Lichtquelle auf den ersten Spalt, und deren monochromatische Bilder werden im Gesichtsfelde des Beobachtungsrohres *M* kontinuierlich neben einander gelegt, sodaß das Auge bei hinreichend schneller Bewegung des Spiegels die ganze Lichtquelle gleichzeitig, wenn auch etwas verzeichnet, in monochromatischem Lichte erblickt.

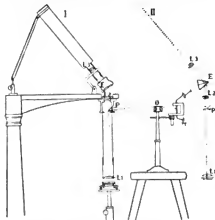
Die von Nodon beschriebene Einrichtung ist mit der eben geschilderten im Prinzip vollkommen identisch, für die praktische Anwendung im Laboratorium aber noch bequemer, da sie die Benutzung jedes beliebigen Spektralapparates erlaubt. Nodon verwendet statt des einen, auf beiden Seiten benutzten Spiegels *S* zwei einfache Spiegel, die sich auf derselben Achse unter beliebigem Winkel gegen einander festklemmen lassen. Der erste Spiegel wirft das von der Projektionslinse kommende Lichtbüschel direkt auf den ersten Spalt des Spektralapparates, in welchem das rechtwinklige Prisma *R* wegfällt. Das aus dem zweiten Spalt austretende Licht wird dann durch einen geeignet aufgestellten festen Spiegel nach dem zweiten der drehbaren Spiegel geworfen und gelangt von hier in das Beobachtungsrohr.

Diese Apparate sind zum Studium der Vorgänge in gefärbten Flammen, im elektrischen Bogen u. dgl. sehr geeignet, und sie können natürlich auch zu photographischen Aufnahmen benutzt werden, wobei sich die Spiegel nur langsam zu bewegen brauchen. Gerade wegen der Möglichkeit, durch diese sehr einfache Vorrichtung jeden vorhandenen Spektralapparat zur Beobachtung monochromatischer Bilder nutzbar zu machen, wird sich dieselbe wohl rasch allgemein einbürgern. *J. H.*

Über die Brechungsexponenten absorbierender Flüssigkeiten im ultravioletten Spektrum.

Von W. Fricke. *Inaugural-Dissertation, Jena 1904; Ann. d. Physik* **16.** *S. 865. 1905.*

Die Arbeit des Verf. hat den Zweck, die Brechungsexponenten von Flüssigkeiten zu bestimmen. Um zunächst die Exponenten n_2 für die nicht sehr stark absorbierte Wellenlänge λ_2 zu bestimmen, benutzt Fricke die von Martens angegebene Methode, bei welcher ein Zwillingsprisma einer planparallelen Platte gegenübergestellt wird und die zu untersuchende Flüssigkeit den Raum zwischen Biprisma und Platte ausfüllt (vgl. *Ann. d. Physik* **6.** *S. 607. 1901; Verhandl. d. Deutsch. physikal. Gesellsch. S. 138 u. 150. 1902*; Referat in *dieser Zeitschr.* **22.** *S. 56. 1902*).



Um die Exponenten n_1 der zu untersuchenden Flüssigkeit für die stark absorbierte Wellenlänge λ_1 zu finden, benutzt der Verf. eine Interferenzmethode, welche von Prof. Straubel angegeben ist, die Fizeauschen Interferenzstreifen benutzt und sich damit an die schöne Arbeit von Sirks über Selen (*Pogg. Ann.* **143.** *S. 429. 1871*) anschließt. In nebenstehender Figur ist die Versuchsanordnung dargestellt, rechts schematisch (II), links in etwas vollständigerer Ausführung (I). Rechts von *O* ist die Funkenstrecke sichtbar; *O* ist ein Kondensor, *P* ein Reflexionsprisma, welches die von *O* kommenden Strahlen nach unten auf die Linse L_1 wirft. Unter L_1 befindet sich ein langer, zur Zeichnungsebene senkrechter Spalt, unter letzterem die reflektierende Schicht. Von letzterer werden die Strahlen durch den Spalt aufwärts reflektiert, durchlaufen die achromatischen Quarz-Flußspat-Objektive L_2 und L_3 sowie das Cornusche Quarzprisma *E* und gelangen schließlich auf die links von I befindliche photographische Platte. Auf dieser entsteht eine Reihe von zur Zeichnungsebene senkrechten Spaltbildern verschiedener Wellenlänge, kurz ein Spektrum. Die reflektierende Schicht

besteht aus der zu untersuchenden Flüssigkeit, welche zwischen zwei Quarzplatten eingeschlossen ist; die Strahlen worden mit einem Teil ihrer Energie von der oberen, mit einem anderen Teil von der unteren Flüssigkeitsoberfläche reflektiert. Die beiden reflektierten Bündel interferieren; da die Flüssigkeitsschicht einen schwachen Keil mit einer in der Zeichnungsebene liegenden Kante bildet, so ist das auf der photographischen Platte entstehende Spektrum von Fizeauschen Interferenzstreifen durchzogen, die in der Zeichnungsebene, also senkrecht zu den Spaltbildern liegen. In der reflektierenden Schicht sind zwei zum Spalte senkrechte Marken angebracht, die auf der photographischen Platte mit abgebildet werden. Bei der Ausmessung werden die Streifen gezählt, die zwischen den Markenbildern liegen. Ist m_1 bezw. m_2 die Streifenzahl für die (in Luft gemessene) Wellenlänge λ_1 bezw. λ_2, so ist einfach

$$n_1 = n_2 \cdot \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \cdot \frac{m_1}{m_2} .$$

n_2 ist aus den Messungen mit Zwillingsprisma bekannt.

Die vom Verf. untersuchten Flüssigkeiten sind Lösungen von Fuchsin und Auramin in Alkohol, von Malachitgrün und Methylenblau in Wasser; ferner untersuchte Verf. Brom und Schwefelkohlenstoff. Die beiden letzteren Flüssigkeiten sind schon von Martens im Ultraviolett untersucht; die von Fricke und von Martens bestimmten Exponenten stimmen sehr gut überein, bis auf wenige Einheiten der dritten Dezimale; doch konnte Fricke noch bis zu etwas stärker absorbierten Strahlen vordringen. Das interessanteste Ergebnis ist der Nachweis anomaler Dispersion durch Bestimmung der Exponenten im Absorptionsgebiet.

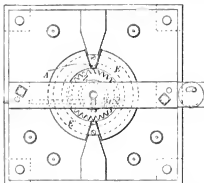
Ms.

Über eine Hochfrequenzmaschine.

Von W. Duddell. *Phil. Mag.* **9.** *S. 299. 1905.*

Der Verf. berichtet über seine Versuche zur Konstruktion von Maschinen für sehr hohe Periodenzahlen. Die höchste von ihm erreichte Frequenz beträgt 120000.

Das Prinzip der Maschine ist das gleiche wie das von Dolezalek angewandte (vgl. *diese Zeitschr.* **23.** *S. 241. 1903*). Aus 53 über einander geschichteten dünnen Eisenblechen ist eine Scheibe Z von 6 *cm* Durchmesser aufgebaut, in deren Rand 30 Zähne eingeschnitten sind. Diese Scheibe dreht sich zwischen den spitzen Polen eines Elektromagnetes, dessen Eisenkern E gleichfalls unterteilt ist. Der Luftraum beträgt weniger als 0,1 *mm*. Außer der den Elektromagneten erregenden Wicklung sind zwei weitere Wicklungen A aufgebracht, die man, wie sich später herausgestellt hat, am zweckmäßigsten möglichst dicht an die Polschuhe setzt, um eine günstige Wirkung zu erzielen. Da bei der Rotation der Scheibe die Zahl der Kraftlinien sich in demselben Takte ändert, als die Zähne der Scheibe an den Polen vorbeigehen, so wird in den beiden zuletzt genannten Wicklungen eine Wechselspannung erzeugt. Die Periodenzahl ist gleich dem Produkt aus Zahnzahl der Scheibe und sekundlicher Tourenzahl. Um die letztere möglichst groß zu machen, wurde die Scheibe mit zwei Rädern eines Zweirades gekuppelt, von denen das eine durch einen Elektromotor angetrieben wurde. Das Übersetzungsverhältnis betrug 1 : 42,5. Mit dieser Anordnung war es möglich, Frequenzen bis zu 18000 zu erreichen. Durch Erhöhung der Zahnzahl auf 60 und 90 konnte die Periodenzahl auf das 3-fache gesteigert werden. Eine Erhöhung der Tourenzahl war aber auf diesem Wege nicht möglich, weil der Luftwiderstand der Räder sehr stark wuchs.



Deshalb wurden die Räder ersetzt durch zwei massive Messingscheiben von 37,5 cm Durchmesser, die beide von demselben Motor von 8 Kilowatt Leistung angetrieben wurden. Ein sicherer Betrieb war nur möglich bis zu einer Tourenzahl der Scheiben von 4000 pro Minute, was einer Riemengeschwindigkeit von rund 80 *m* in der Sekunde entspricht.

Für die Antriebsscheibe, welche auf der Achse der gezahnten Scheibe *Z* sitzt, gibt es einen günstigsten Durchmesser. Vergrößert man nämlich denselben, so wird zwar die Tourenzahl der Zahnscheibe verringert, die Zentrifugalkraft des Riemens dagegen derart erhöht, daß der Riemen anfängt zu gleiten. Für den Antrieb eignete sich am besten eine etwa 5 mm dicke Baumwollschnur, die mit einer Lösung von Kolophonium in Terpentin getränkt war. Eine solche Schnur hielt allerdings nur etwa 4 Betriebsstunden aus.

Versuche, die Tourenzahl der Zahnscheibe über 1000 pro Sekunde hinauszutreiben, scheiterten daran, daß geometrische und Trägheits-Achse der Scheibe nicht zusammenfallen. Daher kommt bei den hohen Tourenzahlen ein sehr großer Achsendruck zustande. Mit einer Scheibe von 204 Zähnen gelang es, sekundliche Periodenzahlen von 120000 zu erreichen. Bei einer Frequenz von 100000 wurde bei einer Klemmenspannung von 2 Volt ein Betriebsstrom von 0,1 Amp. der Maschine entnommen. *E. O.*

Neu erschienene Bücher.

A. Russell, *A Treatise on the Theory of Alternating Currents. Vol. I.* 8°. XII, 407 S. m. Fig. Cambridge, University Press 1904. Geh. in Leinw. 12 M.

Das Werk, von dem der erste Band vorliegt, gibt eine ausgezeichnete Darstellung der theoretischen Grundlagen, die für ein eingehendes Verständnis der Wechselstromerscheinungen notwendig sind. Der Stoff ist ausgesprochen im Hinblick auf die Anwendung in der Technik ausgewählt. Da man sich in England früher als in Deutschland mit den Wechselströmen beschäftigt hat, so ist auch die englische Literatur über diesen Gegenstand eine entsprechend umfangreichere. Manche der in diesen Arbeiten niedergelegten Ergebnisse sind bei uns unbekannt geblieben und haben in dem vorliegenden Bande eine sachgemäße Bearbeitung erfahren. Man begegnet einer Fülle von Sätzen, die man in entsprechenden deutschen Werken vergeblich sucht. Der Inhalt des ganzen Buches zeugt davon, daß der Verf. eine umfassende Literaturkenntnis besitzt und den Gegenstand durchaus beherrscht. Dementsprechend ist die Darstellung klar und nur infolge des Bestrebens, sich möglichst kurz zu fassen, zuweilen etwas schwer verständlich, zumal Verweisungen auf andere Stellen des Buches, die zum Verständnis notwendig sind, nicht immer angegeben werden. Am Schluß eines jeden Kapitels findet sich ein Verzeichnis derjenigen Originalarbeiten, die bei der Bearbeitung benutzt worden sind.

Die mathematischen Vorkenntnisse, die vorausgesetzt werden, beschränken sich in der Regel auf niedere Mathematik, Differential- und Integralrechnung. An mehreren Stellen ist aber eine gründlichere Kenntnis von transzendenten Funktionen wie Gammafunktion, hyperbolische Winkelfunktionen u. s. w. erwünscht.

Um sich ein Bild von dem Inhalt des Werkes zu verschaffen, seien kurz die in den einzelnen Kapiteln behandelten Gegenstände aufgeführt. Kap. I. Allgemeine theoretische Grundlagen der Elektrizitätslehre. Kap. II. Wirksamkeit der Selbstinduktion. Selbstinduktion von massiven Leitern, insbesondere von langen, zylindrischen, einander parallelen Drähten. Kap. III. Effektivwerte von Strömen beliebiger Kurvenform mit zahlreichen speziellen Beispielen. Veränderung der Kurvenform durch Drosselspulen, Kondensatoren und Resonanzkreise. Kap. IV u. V. Allgemeine Formeln der Kapazität und Anwendung auf das Einphasen- und Mehrphasenkabel. Kap. VI. Leistungsfaktor und Phasenverschiebung bei beliebigen Kurvenformen. Kap. VII u. VIII. Darstellung durch komplexe Größen und durch Vektoren (im Raum). Kap. IX. Energiemessung durch Elektrometer und Dynamometer. Kap. X. Der Lufttransformator. Kap. XI, XII u. XIII. Die Drei- und Zweiphasenströme und Verwandelbarkeit dieser beiden Systeme ineinander. Kap. XIV. Das Drehfeld. Kap. XV u. XVI. Das

magnetische Feld im Einphasen- und Mehrphasenkabel. Die Verluste in denselben, namentlich durch Wirbelströme. Kap. XVII. Die Reziprozitätsgesetze der Elektrizitätslehre.

Der zweite Band wird die Theorie der Wechselstromgeneratoren, der Motoren, Transformatoren sowie der Konverter (rotierende Umformer) und die Theorie der Kraftübertragung durch Mehrphasenströme enthalten. Man wird dem Erscheinen dieses Bandes mit Interesse entgegensehen können. *E. O.*

Neue Preislisten von G. Heyde, F. W. Breithaupt & Sohn und Ed. Sprenger.

G. Heyde, Mathematisch-mechanisches Institut und optische Präzisionswerkstätten, Dresden-A. Preisliste I: Astronomische Instrumente. 1905.

F. W. Breithaupt & Sohn, Mathematisch-mechanisches Institut, Kassel. Preisverzeichnis der astronomischen und geodätischen Instrumente. 1905.

Ed. Sprenger, Berlin. Spezial-Preisverzeichnis II: Nivellierinstrumente. 1904. Spezial-Preisverzeichnis I: Theodolite, kleinere Winkelmesser und Auftrageinstrumente. 1905.

Als Fortsetzung der Anzeige in *dieser Zeitschr.* **24.** *S. 309. 1904* möchte ich hier auf drei neue Preislisten bekannter Werkstätten hinweisen.

Der Preisliste über astronomische Instrumente von G. Heyde in Dresden ist nochmals die Beschreibung seiner selbsttätigen Kreisteilmaschine vorangestellt, die der Ref. in seiner Mitteilung über diese Maschine hier bereits erwähnt hat (*diese Zeitschr.* **25.** *S. 69. 1905*).

Die erste Abteilung des Verzeichnisses, Universalinstrumente, führt Instrumente mit Kreisen von 40 *cm* Durchmesser (Ablesung an den 2 Schraubenmikroskopen $1/2''$; Fernrohr 60 *mm* Öffnung und 73 *cm* Brennweite) an bis zu solchen mit 14 *cm* Teilkreisdurchmesser (Schraubenmikroskop-Ablesung $2^{1}/_{2}''$; Fernrohr 32 *mm* Öffnung und 25 *cm* Brennweite) in Preisen von 4700 bis 1100 M. auf, ebenso Höhenkreise von 40 bis 22 *cm* Durchmesser. Fest anfzustellende Durchgangsinstrumente werden in fünf, feste Meridiankreise in vier Größen angefertigt; außerordentlich mannigfaltig sind die tragbaren Durchgangsinstrumente in Preisen von 4500 M. bis zu 360, ja bis zu 150 M. herunter: diese letzte Nummer, ein sehr kleines Instrument mit Fernrohr von nur 35 *mm* Öffnung und 32 *cm* Brennweite, mit dem aber die Uhrkorrektion noch fast bis auf die Sekunde gefunden werden kann, hat in den Kreisen der Uhrmacher u. s. w. ziemlich weite Verbreitung gefunden.

Im Bau parallaktisch aufgestellter Refraktoren kann Heyde auf eine 40-jährige Praxis zurückblicken; auch bei ihnen wendet er zur Bewegung des Uhrkreises die in voller Länge einliegende Hohlschraube an, wie bei seiner Teilmaschine (s. o.). Die großen Instrumente, von 175 *mm* Öffnung und 260 *cm* Brennweite (8 verschiedene Okulare geben Vergrößerungen von 65- bis 433-fach) bis zu 300 *mm* Öffnung und 450 *cm* Brennweite (8 Okulare von 110- bis 740-fach) stehen alle auf starker, runder, gußeiserner Säule, haben elektrische Beleuchtungseinrichtung für Kreise, Fäden und Feld und selbstverständlich Sucherfernrohr; ihre Preise bewegen sich zwischen 7000 und 18500 M. Daneben werden aber kleinere parallaktisch montierte Refraktoren in vielen verschiedenen Größen und Preisen, fest aufgestellt und transportabel, angefertigt; im ganzen zeigen die parallaktisch aufgestellten Fernrohre 50 Nummern. Kometensucher, Mikrometer (Heyde hat seit kurzem den Bau unpersönlicher Mikrometer mit und ohne Uhrwork in sein Fabrikationsprogramm aufgenommen), altazimutal aufgestellte Fernrohre (mit terrestrischen Okularen als „Aussichtsfernrohre“), Handfernrohre und Marinefernrohre reihen sich in großer Auswahl an; sodann Sternwartenkuppeln, von denen Heyde bis jetzt 25 Stück bis zu 10 *m* Durchmesser geliefert hat. Den Schluß des Verzeichnisses nehmen die Okulare ein, von denen Heyde bei den astronomischen, um nur von diesen zu sprechen, folgende anfertigt: von Okularen mit dem reellen, vom Objektiv gelieferten Bild zwischen den zwei Linsen des Okulars solche nach Huygens, nach Mittenzwey (konvex-konkaves Kollektiv und wie bei Huygens plankonvexes Augenglas; diese Okulare haben bekanntlich ein außerordentlich großes Gesichtsfeld), endlich orthoskopische Okulare dieser Art (bikonvexe Kollektivlinse und achromatisches Augenglas; Gesichtsfeld nur wenig kleiner); von Okularen mit dem Bild vor den Okularlinsen (oft Mikrometerokulare

genannt) sind aufgeführt die nach Ramsden, die orthoskopischen (einfaches Augenglas und dreifache Achromatlinse, für starke Vergrößerungen geeignet), achromatische Mikrometerokulare (aus *zwei* achromatischen Linsen gebildet), aplanatische und endlich monozentrische (Steinheilsche) Okulare (je aus *einer* dreifachen, verkitteten Linse bestehend) mit ziemlich kleinem Gesichtsfeld.

Heyde hat bereits vor Jahren eine eigene optische Schleiferei eingerichtet und führt auch alle Berechnungen für die Optik seiner Fernrohre selbst aus. Auch die an seinen Instrumenten verwendeten Libellen werden von ihm selbst hergestellt.

Das Preisverzeichnis von F. W. Breithaupt & Sohn in Kassel zeichnet sich ebenfalls durch große Reichhaltigkeit aus. Von eigentlichen astronomischen Instrumenten enthält das Heft allerdings nur ein kleines tragbares Äquatoreal; denn die sog. astronomischen Messungen. zu denen die in dem Heft aufgezählten übrigen größern Instrumente dienen, sind in Wirklichkeit alle keine astronomische, sondern geodätische oder geographische Messungen. Die Universale gehen von 30 *cm*-Kreisen (an den Schraubenmikroskopen 1" direkte Ablesung; Fernrohr von 54 *mm* Öffnung, Vergrößerung 50 und 70) bis zu 15 *cm*-Kreisen (Mikroskope 10". Fernrohr 30 *mm* Öffnung) in Preisen von 4500 bis 1500 M.; auch mit Nonienablesung (10' oder 20") sind kleine billige Universale in vielen Modellen vertreten. Das Becksche Nadir-Instrument zur Zeit- und Polhöhenbestimmung aus der Beobachtung gleicher Sternhöhen erscheint in zwei Formen. Ferner dienen zur feinern Polhöhenbestimmung Zenitteleskope. für weniger scharfe Zeit- und geographische Ortsbestimmung Reflexionsinstrumente in zahlreichen Formen. An Theodoliten und Universalinstrumenten für die Landmessung, Feldmessung und technische geodätische Messungen mit Nonienablesung ist eine sehr große Auswahl vorhanden, von 8 *cm*-Kreisen (Ablesung 1') an aufwärts, in Preisen von 210 M. an. ebenso an Theodoliten mit feiner geteiltem Horizentalkreis und mikroskopischer Ablesung (Schrauben- und Skalenmikroskope) für die verschiedenen Triangulierungsstufen u. s. w., an Kreistachymetern und an Transittheodoliten (das „Transit“ ist das gebräuchlichste technisch-geodätische Winkelmessungsinstrument des Auslandes). Die beiden Formen des Puller-Breithauptschen Schnellmessers (Schiebetachymeter; über diese Instrumente ist hier bereits berichtet) sind aufgenommen; für topographische Zwecke dienen außerdem Meßtischapparate, Bussolen u. s. w.

Zwei Gruppen geodätischer Instrumente hat die alte (1762 gegründete) Breithauptsche Werkstätte seit langer Zeit speziell gepflegt: Grubenmessungsinstrumente (und davon ausgehend auch allgemeiner Bussoleninstrumente aller Art) und Nivellierinstrumente; beide erscheinen denn auch hier wieder in reichster Zahl, besonders die Auswahl an Nivellierinstrumenten in allen Größen, Formen und Preisen, von den einfachsten bis zu den größten und feinsten, wird wohl von keiner andern Werkstätte übertroffen. Die Grubentheodolite. Grubenkompasse und sonstigen Grubenmessungsinstrumente Breithaupts haben eine sehr weite Verbreitung erlangt.

Von Instrumenten für spezielle technische Zwecke seien angeführt ein Instrument zum Abstecken gerader Tunnelachsen, ein Durchbiegungsmesser für eiserne Brücken, ein Instrument zur Prüfung der unveränderten Lage an Talsperrenmauern befestigter Marken. Maßstäbe, Auftrag- und Zeichenapparate, Handfernrohre und Feldstecher, ferner Messungs- und Zeicheninstrumente, die von Breithaupt nicht selbst angefertigt werden (Planimeter, Reisebarometer, hydrometrische Flügel, Pantographen) bilden den Schluß des reichhaltigen, gut zusammengestellten und illustrierten Verzeichnisses.

Erwähnenswert ist in dieser Zeitschrift auch noch, daß die Breithauptsche Werkstätte wohl die erste in Deutschland war, die eine *mit Abbildungen versehene* Preisliste herausgab: das 1801 erschienene „Verzeichnis aller neu erfundenen und verbesserten mathematischen Instrumente“ enthält bereits Abbildungen. Und rühmend hervorzuheben ist endlich das in den Breithauptschen Katalogen stets und so auch diesmal beobachtete Verfahren, bei Konstruktionen Anderer, die in die Breithauptsche Werkstatt übernommen worden sind. den Namen des ersten Konstrukteurs mit anzuführen, während man in manchen andern

Verzeichnissen ursprünglich, ja oft in allen Einzelheiten, Breithauptschen Konstruktionen begegnet, ohne daß dieser Name genannt wäre.

Auch die Preislisten von Sprenger zeichnen sich durch große Reichhaltigkeit aus. Aus dem Katalog der Nivellierinstrumente sei erwähnt, daß Sprenger bei den Instrumenten mit dreh- und umlegbarem Fernrohr für feinere Nivellierungen die Fernrohre mit zylindrischen Hartgußringen, die von ebenfalls genau zylindrisch ausgeschliffenen Ringlagern aufgenommen werden, ausrüstet. Dadurch soll ungleicher Abnutzung der Fernrohrringe, wie bei den Y-Lagern vorgebeugt werden. Es ist ferner am Fernrohr nicht nur der Fadenschnittpunkt im Okular, sondern auch das Objektiv zentrierbar. Endlich sind an den Nivellierinstrumenten Achsen und Buchsen von hartem Stahl, bei den größern Instrumenten die Achse von unten balanciert, bei den kleinen von oben aufgeschliffen, sodaß Festreiben der Achse nicht vorkommen kann. Von den im engern Sinn technischen Instrumenten dieses Verzeichnisses, das übrigens auch Längenmeßwerkzeuge und die Werkzeuge zur Absteckung der Winkel 90° und 180° enthält, sei angeführt der Gefällmesser zur Absteckung von Linien konstanter Neigung, wie ihn die Eisenbahnbrigade verwendet, und das Fuchssche Instrument zur Bestimmung der Durchbiegung von Brücken.

Die Universalinstrumente des andern Verzeichnisses gehen von Kreisen mit 35 *cm* Durchmesser bis zu solchen mit 14 *cm* (Schraubenmikroskopablesung 1" bis 10"; das kleinste Universal wird auch als Nonieninstrument mit 20"-Lesung ausgeführt; Preise [ohne Vervollständigungen für bestimmte, besonders „astronomische“ Zwecke] rund 5600 bis 1200 oder [Nonien] 900 M.); bei den kleinern Universalen ist die Höhenlibelle unter den Mikroskoplupen für den Höhenkreis angebracht, sodaß die Libelle gleichzeitig mit der Höhenkreisablesung beobachtet werden kann. Für die Tropen sind statt der Spinnfäden im Fernrohr und Mikroskopen Glas-Kreuze und -Striche vorgesehen; soviel dem Ref. bekannt ist, ist aber z. B. von den Engländern in Ostindien der Gebrauch der Glasdiaphragmen im Fernrohr wieder eingeschränkt worden. Als Theodolit bezeichnet Sprenger zunächst nur Instrumente ohne Höhenkreis; sie werden ebenfalls mit Kreisdurchmessern von 35 bis 13 *cm* ausgeführt. Später werden aber auch Feldmeßinstrumente mit Höhenkreis und Nonienablesung an beiden Kreisen als Theodolite bezeichnet. An dem „Tachymetertheodolit“ Nr. 69, Fig. 5, ist gar keine Höhenmeßvorrichtung irgendwelcher Art, weder ein Höhenkreis noch auch nur eine Nivellierlibelle auf oder unter dem Fernrohr vorhanden; die Bezeichnung ist also doch wohl kaum zutreffend. Bei den kleinen Theodoliten und Universalen versieht Sprenger auf Wunsch das Fernrohr „mit neuem Prismensystem, welches die Vorteile des astronomischen Fernrohrs betreffs Vergrößerung, Helligkeit und Gesichtsfeld in keiner Weise beeinträchtigt und dabei ein aufrechtstehendes Bild ergibt, also nicht wie bisher ein umgekehrtes Bild“. Die Vorteile der Prismenanwendung in dem hier angedeuteten Sinn (also nicht z. B. des Okularprismas, das auch das Bild aufrichtet, wenn auch links und rechts vertauscht bleibt, aber geodätisch aus naheliegenden Gründen nicht angewendet wird) werden weniger in der Bildaufrichtung zu suchen sein; wenn diese irgendwie, z. B. selbst beim Nivellieren, wichtig wäre, so wäre man auch bei uns längst dem Vorgang der amerikanischen Ingenieure, die an allen einfachern Nivellierinstrumenten terrestrische Okulare haben, gefolgt, trotz der geringern optischen Qualitäten des terrestrischen Fernrohrs dem astronomischen gegenüber. Der Vorteil der neuen Einrichtung für viele Zwecke ist vielmehr vor allem der, daß man für kleine Instrumente mit kleinen Kreisen u. s. w. auch ein entsprechend *kurzes* Fernrohr anwenden kann. Ein Universalinstrument auf Horizontier- und Zentrierstativ mit starrem Lot, das von Militärbehörden viel gebraucht wird, ist von Sprenger schon früher in einer besondern Broschüre beschrieben worden; auch der „Generalstabs-Meßtisch-Apparat“ wird von Sprenger für die topographische Abteilung der Preußischen Landesaufnahme und viel nach auswärts geliefert. Instrumente für Forschungsreisende, Grubenmessungsinstrumente, Auftrageapparate für geodätische, topographische und nautische Zwecke sind in reicher Auswahl aufgenommen, ebenso findet sich endlich eine Notiz über die Coradischen Pantographen und Planimeter. *Hammer.*

P. Duhem, *Les sources des Théories physiques. Les origines de la Statique. Vol. I.* gr. 8°. 360 S Paris 1905. 8 M.

G. Lippmann, *Thermodynamique. Leçons professées à la Sorbonne.* Neue Ausgabe. gr. 8°. Mit Fig Paris 1905. 7,50 M.

Abhandlungen der königl. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen. Mathematisch-physikalische Klasse. Neue Folge. IV. Bd. Lex. 8°. Berlin, Weidmann.

Nr. 3. K. Schwarzschild, Untersuchungen zur geometrischen Optik. Über die astrophotograph. Objektive. 54 S. m. 10 Fig. im Text. 1905. 4 M.

H. v. Helmholtz, Über die physikalische Bedeutung des Prinzips der kleinsten Wirkung Aus H.'s hinterlassenen Papieren bearb. v. L. Koenigsberger. Aus: „Sitzungsber. d preuß. Akad d. Wiss." Lex. 8°. 21 S. Berlin, G. Reimer 1905. 1 M.

Sammlung Schubert. 8°. Leipzig, G. J. Göschen.

L. J. Horn, Gewöhnliche Differentialgleichungen beliebiger Ordnung. X, 391 S. 1905. Geb. in Leinw. 10 M.

Zeitschrift für Vermessungswesen. Inhaltsverzeichnis Bd. I—XXXIII, Jahrg. 1872—1904, hrsg v. der Vorstandsschaft des deutschen Geometervereins. gr. 8°. IV, 379 S. Stuttgart. K. Wittwer 1906. 5 M.

Handbuch der Physik. 2. Aufl. Hrsg. v. Prof. Dr. A. Winkelmann. Lex. 8°. Leipzig. J. A. Barth.

III. Bd. Wärme. 1. Hälfte. Mit 109 Abbildgn. VIII, 536 S. 1906. 16 M. — V. Bd. Elektrizität u. Magnetismus. II. Mit 215 Abbildgn. 1. Hälfte. VIII, 515 S. 1905. 16 M. — VI. Bd. Optik. Mit 388 Abbildgn. 2. Hälfte. XII u. S. 433—1404. 1906. 30 M. (VI. Bd. vollständig 44 M.; geb. in Halbleinw. 46 M.)

Repetitorien der Elektrotechnik. Hrsg. v. Ingen. A. Königswerther. 8°. Hannover, M. Jänecke

I. Bd. A. Königswerther, Physikalische Grundlagen d. Gleich- u. Wechselstromtechnik. 119 S. m. 74 Abbildgn. 1905. 2,60 M.; geb. 3,20 M. — IV. Bd. W. Winckelmann, Synchronmaschinen f. Wechsel- u. Drehstrom, ihre Wirkungsweise, Berechnung u. Konstruktion. VIII, 148 S. m. 79 Abbildgn. 1905. 3.40 M.; geb. 4 M.

V. Fischer, Grundbegriffe u. Grundgleichungen der mathematischen Naturwissenschaft. gr. 8°. VIII, 108 S. m. 12 Fig. Leipzig, J. A. Barth 1906. 4,50 M.

A. Garbasso, Vorlesungen üb. theoretische Spektroskopie. gr. 8°. VIII, 256 S. m. 65 Fig. u. 1 Taf. im Text. Leipzig, J. A. Barth 1906. 7 M.; geb. in Leinw. 8 M.

F. Goppelsroeder, Anregung zum Studium der auf Kapillaritäts- u. Adsorptionserscheinungen beruhender Kapillaranalyse. gr. 8°. VII, 239 S. Basel, Helbing & Lichtenhahn 1906. 6 M.

E. Hegemann, Lehrbuch der Landesvermessung. gr. 8°. VIII, 261 u. 60 S. m. 114 Abbildg. u. 1 Karte. Berlin, P. Parey 1906. Geb. in Leinw. 12 M.

P. Zech, Aufgabensammlung zur theoretischen Mechanik nebst Auflösungen. In 3. Aufl. hrsg. v. Prof. Dr. C. Cranz unter Mithülfe v. Leutn. Ritter v. Eberhard. gr. 8°. IV, 220 S. m. 206 Fig. Stuttgart, J. B. Metzler 1906. 4,60 M.; geb. 5,20 M.

A. Linker, Elektrotechnische Meßkunde. 8°. VIII, 442 S. m. 385 Fig. Berlin, J. Springer 1906. Geb. in Leinw. 10 M.

E. Czuber, Vorlesungen üb. Differential- u. Integralrechnung. 1. Bd., 1. Hälfte. 2., sorgfältig durchges. Aufl. gr. 8°. 256 S m. 20 Fig. Leipzig, B. G. Teubner 1906. 6 M.

A. Kohut, Justus v. Liebig, sein Leben u. Wirken. Auf Grund der besten u. zuverlässigsten Quellen geschildert. Mit ungedr. Briefen Liebigs, zwei Briefen Liebigs in Fksm. u. 34 Orig.-Illustr. 2. Ster.-(Titel-)Aufl. 8°. VIII, II, 394 S. Gießen, E. Roth (1904) 1906. 5 M.; geb. in Leinw. 6 M.; Prachtausg., geb. in Halbfrz. 10 M.

H. A. Lorentz, Ergebnisse u. Probleme der Elektronentheorie. Vortrag. 2., durchgeseh. Aufl. 8°. III, 59 S. m. Fig. Berlin, J. Springer 1906. 1,50 M.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Kuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied, Dr. **H. Krüss**, Prof. Dr. **S. Czapski.**

Redaktion: Prof. Dr. St. Lindeck in Charlottenburg-Berlin.

XXVI. Jahrgang. **Mai 1906.** Fünftes Heft.

Mittagsbestimmung durch korrespondierende Sonnenhöhen mittels des Bambergschen Sonnenspiegels.

Von

Dr. **H. Clemens** in Friedenau bei Berlin.

Man kann jetzt in Deutschland mit Hülfe der durch die Telegraphen-Leitungen verbreiteten und den Uhrmachern sowie allen anderen Interessenten an genaueren Zeitbestimmungen immer leichter zugänglich gemachten Zeitsignale der Reichstelegraphie und der Eisenbahntelegraphie die jeweilige mitteleuropäische Zeitangabe sehr wohl mit der Genauigkeit von einer Sekunde bei den Telegraphenämtern und in den Bahnhöfen erlangen. Und es ist durchaus nicht überflüssig, sich um die Sekunde zu bekümmern, wenn jemand der Minute an seiner Uhr sicher sein will. Die Minute aber ist diejenige Grenze der Unsicherheit der jeweiligen Kenntnis der Zeit, bei deren Überschreitung man gegenüber den Einrichtungen des Präzisionsverkehrs schon recht oft in empfindliche Verluste und Unannehmlichkeiten geraten kann.

Will man nun aber an der eigenen Uhr der Minutenangabe andauernd ganz sicher bleiben, so darf man — sogar bei den besten Taschenuhren, auch wenn man deren unvermeidlich fortgehende und sehr selten vollkommen regelmäßig verlaufende Abweichungen von dem richtigen Gange schon selber oder durch einen geeigneten Sachverständigen ermittelt hat — nur wenige Wochen bis zu einer erneuten Kontrolle der Richtigkeit verstreichen lassen, da innerhalb eines solchen Zeitraums erfahrungsmäßig die Abweichungen der Uhrgänge sogar gegen die zuverlässigsten Annahmen sich bis zu Fehlangaben von mehr als einer Minute anhäufen können.

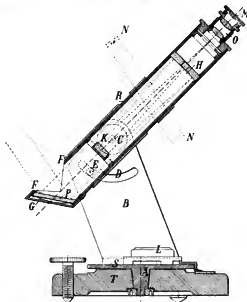
Mit Hülfe von gewissen einfachen Veranstaltungen für Sonnen-Beobachtungen, wie sie u. a. in den *Mitt. d. Vereinig. v. Freunden d. Astron. u. kosm. Phys. Heft 2. 1902; Heft 9, 11 u. 12. 1903*[1]) erläutert sind, kann man es aber, bei größerer Entfernung von Telegraphenämtern und Bahnhöfen, sich ersparen, öfter erneute Vergleichungen der Taschenuhren mit Zeitsignalen anzustellen, sobald man nur vorher durch zuverlässige Vergleichungen der letzteren Art einmal, oder zur größeren Sicherung in einigen Fällen, die Angaben der bezüglichen Veranstaltungen für Sonnen-Beobachtungen an der mitteleuropäischen Zeit selber erprobt hat.

Solche Sonnen-Beobachtungen können nämlich bei geeigneter Einrichtung und sorgsamer Behütung der letzteren, monate- und jahrelang für eine bestimmte Tages-Epoche die jeweilige Angabe der wahren Sonnenzeit bis auf Bruchteile der Minute, unter Umständen bis auf die Sekunde liefern. Mit Hülfe geeigneter Tabellen (siehe die im Verlage von **Ferd. Dümmler**, Berlin W. 35, Kurfürstenstr. 149, erschienenen, von

[1]) Im gleichen Verlag wie die später erwähnten Tabellen.

der vorerwähnten Vereinigung herausgegebenen „Hülfsmittel zur Bestimmung der mitteleuropäischen Zeit auf Grund von Beobachtungen an Sonnenuhren, Sonnenloten u. dgl., bestehend in Tabellen zur genäherten Berechnung der Zeitgleichung nebst Gebrauchsanweisung") kann man aber aus ihnen stets die jeweilige mitteleuropäische Zeitangabe leicht ableiten und zur Kontrolle der Taschenuhr benutzen.

Eines der geeignetsten Instrumente für die in Rede stehende Bestimmung der Sonnenzeit ist das vor einiger Zeit von der Firma Carl Bamberg in Friedenau bei Berlin erfundene und hergestellte Spiegel-Instrument[1]), welches nachstehend beschrieben ist, und mit Hülfe dessen man, ohne irgend wie an die genaue Bestimmung und Festhaltung des Meridians gebunden zu sein, die genaue Zeit bis auf wenige Sekunden bestimmen kann.



Ein durch drei Fußschrauben horizontierbarer schwerer Teller T enthält das Lager für die senkrechte Achse A, mittels deren sich der obere Teil des Instruments im Azimut drehen läßt. Auf der mit A verbundenen Scheibe S erhebt sich, neben der zur Senkrechtstellung von A erforderlichen Libelle L, der Träger B, der oben das Lager für die horizontale, mit dem Fernrohr MRG verbundene Achse C trägt, um welche sich das Fernrohr in vertikaler Ebene auf und ab bewegen läßt. Die Klemmschraube E, welche in einem in B ausgesparten Schlitze D gleitet, dient zur Feststellung des Fernrohrs in beliebiger Neigung.

Die Sonnenstrahlen fallen durch die seitliche Öffnung FF des Rohres auf den Planspiegel P, werden von ihm auf den durchbohrten Hohlspiegel H reflektiert, fallen dann konvergierend auf den kleinen Planspiegel K und von diesem durch die Durchbohrung von H auf eine mit horizontalen und vertikalen Strichen versehene Glasplatte, auf der sie ein reelles Bild der Sonne erzeugen, das durch das Okular O betrachtet wird. Da die Spiegel P, K und H nicht belegt sind, sondern nur aus schwarzem Glase bestehen, ist nur bei sehr intensivem Sonnenschein ein leichtes Blendglas M erforderlich.

Eine Dioptervorrichtung NN dient zur Einstellung und entwirft mittels einer kleinen Öffnung in der oberen Querplatte N ein Sonnenbildchen auf einer Marke der unteren Platte N, wenn das Instrument im Azimut und Neigung so gestellt ist, daß die auf P auffallenden Sonnenstrahlen zentrisch ins Okular O gelangen.

Zur Beobachtung wird das Instrument mittels der Fußschrauben und der Libelle L horizontiert und dann das Fernrohr durch Drehung um die Achsen A und C so eingestellt und mit E festgeklemmt, daß das Sonnenbildchen auf die bereits erwähnte

[1]) D.R.P. a.

Strichplatte fällt. Die vormittäglichen Antrittszeiten der steigenden Sonnenränder an die horizontalen Striche der Strichplatte werden notiert. Das Fernrohr wird dann zur entsprechenden Nachmittagszeit durch Drehung um A im Azimut, während die Drehung um die Achse C gehemmt ist, so nachgeführt, daß bei absteigender Sonne die gleichen Antritte wie vorhin auf der Strichplatte beobachtet werden können. Da das Fernrohr seine Drehungsphase um C inzwischen nicht geändert hat, und eventuell eine etwaige Änderung der Lage des ganzen Stativs noch vor der zweiten Beobachtung mit Hülfe des Niveaus korrigiert worden ist, erhält man aus dem Mittel je zweier korrespondierenden Antrittszeiten der Ränder der Sonnenscheibe nach Anbringung der Korrektion wegen Deklinationsänderung der Sonne den wahren Mittag.

Der Betrag der letzterwähnten Korrektion für Deutschland ist mit einer für die Genauigkeit der Leistung des Instrumentes genügenden Schärfe in der dem Instrument beigefügten Tabelle angegeben, sodaß die ganze Rechnung nur aus der Bildung der Mittelwerte der Antrittszeiten, sodann der Addition jenes Tabellenwertes und der Anbringung der in den vorerwähnten „Hülfsmitteln“ enthaltenen Reduktionen besteht. Wie Versuche gezeigt haben, läßt sich bei östlichen und westlichen Stundenwinkeln von mindestens einer Stunde eine Genauigkeit der Zeitbestimmung bis auf wenige Sekunden einhalten. Geübte Beobachter vermögen diese Genauigkeit unschwer noch etwas weiter zu treiben.

Der Preis des Sonnenspiegels mit Transport-Kasten und Tabellen beträgt 150 M. Der Preis der oben erwähnten, durch Ferd. Dümmlers Verlag zu beziehenden, immer für 4 Jahre von jedem Schaltjahr ab geltenden „Hülfsmittel“ beträgt 60 Pf.

Spektroskop mit veränderlicher Dispersion.

Von
Dr. **Paul Krüss** in Hamburg.
(Mitteilung aus dem optischen Institut von A. Krüss in Hamburg.)

Das Spektroskop hat sich in der Farbstoffindustrie zu einem unentbehrlichen Hülfsmittel entwickelt. Da es sich meistens darum handelt, täglich mehrere hundert spektroskopische Analysen auszuführen, so bedient sich diese Technik der einfachsten Form des Spektroskopes. Man findet überall als Handwerkszeug des praktischen Farbenchemikers das kleine geradsichtige Taschenspektroskop, das neben dem niedrigen Preis vor allem den Vorzug hat, daß sein Gebrauch keine besonderen Kenntnisse erfordert. Die für wissenschaftliche Untersuchungen allerdings ungenügende Leistungsfähigkeit dieser einfachen Instrumente reicht hier, wo es sich hauptsächlich darum handelt, zwei Absorptionsspektren miteinander zu vergleichen, in den meisten Fällen vollkommen aus, allerdings unter der Voraussetzung, daß das Spektroskop eine geeignete Dispersion besitzt.

Die qualitative Spektralanalyse gründet sich bekanntlich auf die Tatsache, daß die meisten Farbstoffe ein charakteristisches Absorptionsspektrum besitzen. Aus der Lage, Zahl und Anordnung der Absorptionsstreifen läßt sich die Art eines Farbstoffes bestimmen, auch läßt sich durch Vergleich mit dem Absorptionsspektrum einer bekannten Farbstofflösung erkennen, ob in der zu prüfenden Lösung derselbe Farbstoff enthalten ist.

Aus diesen Ausführungen geht hervor, daß es in erster Linie darauf ankommt, die Absorptionsspektren möglichst klar und deutlich sichtbar zu machen. Der Erfolg

ist hier von mehreren Faktoren abhängig. Zunächst kommt es darauf an, das günstigste Lösungsmittel zu finden und dann die Lösung in der richtigen Konzentration bezw. Schichtendicke vor den Spalt des Spektroskopes zu bringen. Es kann aber noch durch einen anderen Umstand das scharfe Hervortreten der Absorptionsstreifen verhindert werden, nämlich durch eine ungeeignete Dispersion des zu der Untersuchung verwandten Spektroskopes. Dies hat darin seinen Grund, daß die einzelnen Farbstoffe in der Art der Absorption große Unterschiede zeigen. Während z. B. die Absorptionsstreifen der Triphenylmethanfarbstoffe so scharf begrenzt sind, daß sie auch bei verhältnismäßig großer Dispersion noch scharf hervortreten, ist das Absorptionsspektrum anderer Farbstoffe bei derselben Dispersion so unklar und verschwommen, daß die einzelnen Streifen nicht zu definieren sind. Sie treten erst bei sehr kleiner Dispersion deutlich hervor. Eine kleine Dispersion hat aber neben dem Vorteil größerer Helligkeit wieder den Übelstand, daß Bandengruppen, welche durch nahe neben einander liegende Absorptionsstreifen gebildet werden, nicht in die einzelnen Streifen aufzulösen sind.

Diesen verschiedenen Forderungen kann man nun dadurch nachkommen, daß man mehrere Spektroskope mit verschiedenen Dispersionen zur Hand hat und bei jeder Gelegenheit das Instrument aussucht, welches das beste Resultat liefert. Da jedoch hierdurch ein schnelles Arbeiten sehr erschwert wird, so liegt die Frage nahe, ob es nicht möglich wäre, mehrere Spektroskope mit verschiedenen Dispersionen in einem einzigen Instrument so zu vereinigen, daß man in schnellem Wechsel von der einen zur anderen Dispersion übergehen kann.

Ein Spektroskop mit veränderlicher Dispersion läßt sich nun konstruieren, indem man bei einem gewöhnlichen geradsichtigen Spektroskop eine revolverartige Vorrichtung anbringt, welche geradsichtige Prismen verschiedener Dispersion trägt, die dann wie die Objektive eines Mikroskopes nacheinander in den Strahlengang eingeschaltet werden können. Diese Konstruktion hat jedoch den Nachteil, daß der Übergang von einer zur anderen Dispersion nicht kontinuierlich erfolgt, daß also durch das Wechseln der Dispersion die Beobachtung unterbrochen wird, und daß man ferner auf die bestimmten, den auf dem Revolver angebrachten Prismen entsprechenden Dispersionen beschränkt ist. Die Verwendung einer größeren Anzahl von Prismen würde aber ein solches für die Technik bestimmtes Instrument zu kostspielig machen.

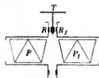


Fig. 1.

Es gibt nun einen anderen Weg, auf dem sich eine veränderliche Dispersion in weit vollkommenerem Maße erreichen läßt. Man stellt zwei geradsichtige Prismen hinter einander und dreht sie um die gemeinsame optische Achse um entgegengesetzt gleiche Winkel. Diese Einrichtung hat schon Abbe als Kompensator für sein Refraktometer benutzt und beschrieben[1]). Fig. 1 ist aus dieser Veröffentlichung entnommen.

Die beiden einander zugekehrten Ränder R und R_1 der die Prismen P und P_1 tragenden Rohre sind mit übereinstimmenden Zahnkränzen versehen; zwischen ihnen befindet sich ein Triebrad T, durch welches die beiden Rohre stets um gleiche Winkel in entgegengesetzter Richtung gedreht werden. Die beiden Prismen P und P_1 sind vollkommen gleich und für einen Strahl mittlerer Wellenlänge geradsichtig. Ist die Dispersion eines jeden der beiden Prismen gleich D, so wird die Gesamtdispersion

[1]) E. Abbe, Neue Apparate zur Bestimmung des Brechungsexponenten und Zerstreuungsvermögens fester und flüssiger Körper. Jena 1874. *S. 51.*

beider Prismen, wenn ihre brechenden Kanten in derselben Richtung liegen (wie in Fig. 1 gezeichnet), gleich $2\,D$ sein. Wird jedes der beiden Prismen um 90° gedreht, so liegen die brechenden Kanten der beiden Prismen in entgegengesetzter Richtung. Die Dispersion des ersten Prismas P wird dann, unter der Voraussetzung, daß der Abstand der beiden Prismen im Verhältnis zur Dispersion klein ist, durch die entgegengesetzt wirkende Dispersion des zweiten Prismas P_1 vollkommen aufgehoben, die Gesamtdispersion ist gleich 0. In dazwischenliegenden Stellungen wird die Gesamtdispersion sich also zwischen $2\,D$ und 0 bewegen und in ihrem Werte von der Größe des Drehungswinkels φ abhängig sein.

Sind die beiden Prismen um den Winkel φ gedreht, wobei φ gerechnet ist von derjenigen Stellung, in der die brechenden Kanten beider Prismen senkrecht zur Richtung des Spaltes stehen, so ist, wenn man unter d die Länge des Spektrums von dem ohne Ablenkung durchgehenden Strahl bis zu einem Strahl beliebiger Wellenlänge versteht,

	parallel zur Richtung des Spaltes	senkrecht zur Richtung des Spaltes
die Dispersion des Prismas P	$+\,d\cos\varphi$	$+\;d\sin\varphi$
„ „ „ „ P_1	$-\,d\cos\varphi$	$+\;d\sin\varphi$
„ Gesamtdispersion $P+P_1$	0	$+\,2\,d\sin\varphi$

Bei jeglicher Stellung der Prismen P und P_1 findet also in der der Spaltrichtung parallelen Richtung keine Dispersion statt, während ihre Größe in der darauf senkrechten Richtung gegeben ist durch den Ausdruck $2\,d\sin\varphi$. Dehnt man die Betrachtung auf die andern beiden Quadranten aus, so ergibt sich hier für die zum Spalt senkrechte Richtung der Ausdruck $-\,2\,d\sin\varphi$, was bedentet, daß die Dispersion in entgegengesetzter Richtung stattfindet, also gegen vorher rechts und links gegen einander vertauscht sind.

Während d nur eine bestimmte Strecke des Spektrums bedeutet, gelten dieselben Beziehungen auch für jegliche Strecke, also auch für das ganze Spektrum. Ist seine Länge bei einem einzigen der beiden Prismen gleich D, so ist die Länge des Spektrums bei Wirkung der beiden Prismen, die beide um den Winkel φ, und zwar in entgegengesetzter Richtung, gedreht sind, $2\,D\sin\varphi$.

Hat ein Absorptionsstreifen in dem von einem Prisma erzeugten Spektrum die Breite $b = d - d'$, wobei d und d' die Abstände der Ränder des Streifens von dem das Prisma ohne Ablenkung durchlaufenden Strahl bedeuten, so ist seine Breite in dem durch beide Prismen erzeugten Spektrum $2\,d\sin\varphi - 2\,d'\sin\varphi = 2\,b\sin\varphi$.

Man ist also mit der beschriebenen Kombination zweier Prismen mit gerader Durchsicht imstande, die Dispersion und damit die Breite der Absorptionsstreifen zwischen Null und dem durch die Konstruktion der beiden Prismen gegebenen Maximalwert zu verändern. Selbstverständlich nimmt in demselben Verhältnis, in welchem die Dispersion größer wird, die Helligkeit ab, und man würde wohl aus der Dispersion, welche notwendig ist, um einen Absorptionsstreifen noch gut zu erkennen, auf die Konzentration einer betrachteten Farbstofflösung schließen können. Jedoch wird dieses nur schätzungsweise möglich sein; die Benutzung des Prismensatzes zu direkten spektrophotometrischen Zwecken erscheint deshalb ausgeschlossen, weil die Reinheit des Spektrums in einem aus ihm durch eine Blende herausgeschnittenen Streifen bei verschiedener Dispersion eine verschiedene sein wird, es wird deshalb auch ein derartiger Streifen bei verschiedenen Dispersionen in verschiedenen Mischfarben erscheinen, was eine Vergleichung sehr ungenau machen würde.

In Fig. 2 ist ein mit einer solchen Prismenkombination ausgerüstetes geradsichtiges Spektroskop dargestellt. Die Fassungshülse des einen Prismas ist mit einer äußeren Trommel verbunden, welche mit einer Einteilung in Grade versehen ist; wenn auch in der Technik kein Bedürfnis nach Ermittelung der Größe des Drehungswinkels φ bestehen wird, so bietet die Teilung doch die Möglichkeit, eine für einen bestimmten Versuch geeignete Drehung der Prismen gegen einander wieder herzustellen.

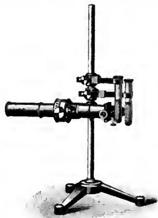


Fig. 2.

Während bei den kleinen geradsichtigen Handspektroskopen der Spalt durch eine einfache Lupe betrachtet wird und das Prisma zwischen dieser und dem Okularloch eingeschaltet ist, muß hier ein vollkommenes Fernrohr und demzufolge auch ein Kollimatorobjektiv benutzt werden.

Die in vorstehendem gemachte Feststellung, daß keine Dispersion vorhanden ist, sobald die brechenden Kanten der beiden Prismen in entgegengesetzter Richtung liegen, ist nämlich nur so zu verstehen, daß Strahlen verschiedener Wellenlänge, die in gleicher Richtung in das Prismensystem eintreten, dieses auch in derselben Richtung, also unter einander parallel, verlassen, aber sie bleiben doch voneinander getrennt, sodaß die verschiedenfarbigen, unter einander parallelen Büschel an etwas verschiedenen Stellen der letzten Prismenfläche austreten. Erst dadurch, daß sie in der Brennebene des Fernrohrobjektives miteinander vereinigt werden, wird diese seitliche Verschiebung wirkungslos gemacht.

Ablesevorrichtung zur Bestimmung von Mittelwerten registrierter Kurven.

Von
Dr. J. B. Messerschmitt und Dr. C. W. Lutz in München.

Bei der Auswertung der registrierten Kurven von meteorologischen und erdmagnetischen Elementen begnügt man sich meist mit der Verwendung der einzelnen Stundenwerte. Wenn nun auch damit für die meisten Zwecke den gewünschten Anforderungen Genüge geleistet wird, so ist doch nicht zu verkennen, daß das gewonnene Material auf diese Weise nicht völlig ausgenutzt wird.

Von diesem Gesichtspunkte aus hat auch die letzte Konferenz der internationalen erdmagnetischen Kommission, welche mit der Direktorenkonferenz der meteorologischen Institute vom 9. bis 15. September 1905 in Innsbruck tagte, auf den Vorschlag des Hrn. Ad. Schmidt in Potsdam beschlossen, „es mögen die Observatorien, welche registrierende Instrumente besitzen, an Stelle der momentanen Stundenwerte die Mittelwerte der ganzen Stunden in Greenwicher Zeit nach ihren Kurven veröffentlichen"[1]).

[1]) Messerschmitt, Bericht über die internationale Konferenz für Erdmagnetismus und Luftelektrizität zu Innsbruck vom 9. bis 15. September 1905. *Terrestrial Magnetism and Atmospheric Electricity* **10**, *S. 198, 1905.*

Durch die Einführung der *Greenwicher Zeit* statt der jetzt meist gebräuchlichen Ortszeiten erhält man wieder gleichzeitige Beobachtungen, wie sie bereits früher, zu den Zeiten des magnetischen Vereins, üblich waren, wodurch die verschiedenen Beobachtungsreihen besser unter einander vergleichbar werden. Andererseits aber werden die Registrierungen durch die Bildung der Mittelwerte besser ausgenutzt und von den Zufälligkeiten, welche einzelnen Ordinaten anhaften können, befreit.

Zur Erreichung dieses Zweckes sollten, streng genommen, die Stundenmittel durch graphische Integration gewonnen werden. Die Auswertung der Diagramme mit einem Planimeter[1]) und die damit verknüpfte nicht unbeträchtliche Mehrarbeit ist aber nicht notwendig, da man die Aufgabe auf die Ausmessung der mittleren Kurvenordinate zurückführen kann, was durch die Anwendung einer passend eingerichteten Skale bequem und hinreichend genau gelöst werden kann. Der allgemeinen Einführung von Planimetern dürfte überdies deren hoher Preis hindernd im Wege stehen.

Eine derartige, in Glas eingeritzte Skale hat Hr. Schmidt auf der Konferenz in Innsbruck vorgelegt. Sie besteht aus einem System zur Basislinie paralleler horizontaler Linien von 2 *mm* gegenseitigem Abstande, die senkrecht von mehreren Vertikalen durchschnitten werden, die in genau denselben Abständen wie die Stundenmarken auf den Registrierkurven (Basislinien) aufeinander folgen. Zur Ablesung eines Stundenmittels wird dieses Netz so auf die Kurve aufgelegt, daß zwei Vertikale (Grenzordinaten) durch zwei Stundenmarken hindurchgehen. Damit wird ein schmales Flächenstück abgegrenzt, das unten durch die Stundenachse (Basislinie), seitwärts durch die Ordinaten des Netzes und oben durch ein mehr oder minder stark gebogenes Kurvenstück eingeschlossen ist. Diese Fläche wird in ein Rechteck von gleicher Grundlinie verwandelt, indem der Netzmaßstab parallel zu sich selbst so lange auf- und abgeschoben wird, bis die mit 0 bezeichnete Horizontale das erwähnte Kurvenstück so durchschneidet, daß ober- und unterhalb derselben gleiche Flächenabschnitte entstehen. Die zur Null-Linie parallelen Horizontalstriche erleichtern das Abschätzen nach dem Augenmaß. Der Abstand der Null-Linie von der Basis (Höhe des Rechtecks) wird an dem bezifferten Netzmaßstab abgelesen; er gibt ein Maß für das gesuchte Stundenmittel. In entsprechender Weise werden alle weiteren Mittelwerte bestimmt und dann in absolutes Maß umgerechnet.

Es sind also bei Verwendung dieses einfachen Netzes jedesmal beide Koordinaten gleichzeitig einzustellen, was eine große Aufmerksamkeit des Beobachters erfordert und auch leicht, trotz eines ziemlichen Zeitanfwands, zu Ablesefehlern führen kann.

Um dem abzuhelfen, haben wir eine einfache Vorrichtung[2]) konstruiert, bei welcher die beiden Koordinaten unabhängig voneinander eingestellt werden, und die daher ganz mechanisch die Stundenmittel ebenso wie die einzelnen Stundenwerte abzulesen gestattet.

Die Ablesevorrichtung besteht aus zwei Teilen, einem Lineal L und einem Messingrahmen R mit Skale und schlittenförmigem Schieber S. Das Lineal gibt die Führung für die Abszissen (Stunden), der Schieber die Ordinaten (Abstände von der Basislinie).

[1]) Über ein für diesen Zweck besonders eingerichtetes Planimeter vgl. Ad. Schmidt, Ein Planimeter zur Bestimmung der mittleren Ordinaten beliebiger Abschnitte von registrierten Kurven. *Diese Zeitschr.* **25.** *S. 261. 1905.*

[2]) Diese Ablesevorrichtung konnte in erster Ausführung in der vorzüglich eingerichteten Liebhaberwerkstätte des Hrn. Kapitän a. D. F. Himbsel hergestellt werden. Wir möchten diesem Herrn für seine freundliche Beihülfe auch an dieser Stelle unseren Dank aussprechen.

Das *Lineal L*, aus Stahl gefertigt, ist 70 *cm* lang, 44 *mm* breit und 8 *mm* hoch. Die Auflagefläche ist eben abgehobelt und in der Mitte auf $^2/_3$ etwa 1 *mm* tief ausgekehlt, wodurch ein sicheres Anfliegen erreicht wird. Die eine Längsseite des Lineals ist in der Breite von 8 *mm* abgeschrägt, sodaß diese Kante nur 2 *mm* dick ist, gleich der Dicke des Ableserahmens. Zwei Knöpfe in der Nähe der Enden des Lineals erleichtern die Handhabung desselben. Die abgeschrägte Kante ist mit einer Teilung versehen, welche dem Stundenintervalle der Basislinie der magnetischen Kurven entspricht. Die Bezifferung der 24 Stunden entspricht der am Münchner magnetischen Observatorium üblichen Zeit des Wechsels der Kurvenblätter. Einige Stundenintervalle sind überdies mit einer Unterteilung von 3 zu 3 Zeitminuten versehen. Man kann also, unter Berücksichtigung der etwa vorhandenen Uhrkorrektion, das Lineal sogleich für die Kurve eines ganzen Tages richtig auflegen.

Der *Rahmen R* besitzt einen zur Basis senkrechten Ausschnitt, in welchem sich ein Schlitten *S* leicht auf- und abbewegen läßt. Er enthält auf der Unterseite einer Glasplatte eingeätzt das Netz, dessen Linien zur Unterkante (Basislinie) parallel sind und je 2 *mm* voneinander abstehen. Der mit 00 bezeichneten Mittellinie entspricht auf dem Schlittenrahmen (Netzfassung) der Indexstrich *J*. Vom Nullstrich ausgehend ist der fünfte und zehnte Parallelstrich der Glasskale nach oben und unten mit 5 und 10 bezeichnet. Die Glasteilung ist 22,4 *mm* breit, d. h. so breit wie die Stundenintervalle unserer Diagramme, und wird links und rechts durch eine vertikale Linie begrenzt (nahe den abgeschrägten Schlittenrändern), sodaß Parallaxenfehler bei der Ablesung ausgeschlossen sind. Die Indizes *b* und *c* an der unteren Kante des Rahmens liegen genau in der Fortsetzung der erwähnten Vertikalen, wodurch diese auf die gewünschte Zeit eingestellt werden. Die linke Seite des Ausschnittes ist mit einer Millimeterteilung versehen, deren Nullpunkt mit der unteren Rahmenkante, die an dem Leitlineal entlang geschoben wird, zusammenfällt. Die Stellung des Index *J* gibt also unmittelbar die Ordinaten in Millimeter über der Basislinie.

Die Handhabung des Apparates ist nach dem Vorstehenden einfach. Nachdem das Lineal richtig aufgelegt ist, werden die Stundenmittel in der Weise erhalten, daß die Stundenindizes *b* und *c* auf die betreffenden Basismarken eingestellt werden. Hierauf wird der Schlitten *S* mit den Handhaben *HH* so lange verschoben, bis die Null-Linie den betreffenden Kurvenabschnitt so teilt, daß die oberhalb und unterhalb liegenden Flächenstücke gleich groß werden. Der Index *J* gibt die gesuchte Ordinate, in unserer Figur 43,4 *mm*.

Das Abschätzen dieser Flächenstücke ist fast immer sehr leicht und genau auszuführen. Nur bei ungewöhnlich starken Störungen können einmal Zweifel eintreten, die man am besten dadurch hebt, daß man das Stundenintervall in mehrere gleiche Teile zerlegt und deren mittlere Ordinaten besonders bestimmt.

Besonders einfach lassen sich mit unserer Vorrichtung, wie leicht ersichtlich, die Extremwerte bestimmen.

Die linke Kante des Rahmens ist abgeschrägt und ebenfalls in Millimeter geteilt. Sie gibt also direkt die Ordinaten einzelner Kurvenpunkte. Da die Entfernung der Kante *a a* bis zum Index *b* gerade einem Stundenintervall entspricht, so kann man gleichzeitig einzelne Stundenwerte und Stundenmittelwerte (von aufeinander folgenden Stunden) ablesen.

Ein Knopf *K* in der Mitte des Rahmens dient zur leichten Handhabung des Kurvenablesers.

München, Erdmagnetisches Observatorium.

Die Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Jahre 1905.

(Fortsetzung von S. 125.)

Abteilung II.

I. Präzisionsmechanische Arbeiten[1].

1. Prüfungs- und Beglaubigungsarbeiten.

Im Berichtsjahre wurden geprüft

Teilungen auf Silber, Stahl, Neusilber, Glas	33
Endmaße	49
Kaliber-Bolzen, -Ringe u. dgl.	50
Meß- und Teilschrauben	15
Normale für Mechanikergewinde	104
Andere Gewinde	1
Stimmgabeln für den internationalen Stimmton	45
„ anderer Tonhöhe	7
Verschiedenes	6

Unter den Maßstäben befand sich ein stählernes Lineal von 4 *m* Länge, dessen Untersuchung besondere Einrichtungen erforderte. Eine Firma, welche kleinere Maßstäbe in erheblicherer Zahl einzureichen pflegt, wünschte, daß diese Skalen bei der Prüfung mit einer dazu gehörigen Glasplatte bedeckt sein sollten, damit die auszustellende Fehlertafel für denjenigen Zustand der Skale gelte, in dem sie auf ihrem Apparate (einem kleinen Komparator) gebraucht wird. Es erschien aber nicht ausgeschlossen, daß Form und Lage der Teilstriche durch den jeweiligen Spannungszustand des Glasplättchens über die erforderliche Zuverlässigkeitsgrenze hinaus beeinflußt werden, ja daß sogar Deformationen der ganzen Skale eintreten infolge des Aufschraubens eines zum Festhalten der Glasplatte dienenden Metallrahmens. Einschlägige Versuche zeigten jedoch, daß zu den angedeuteten Befürchtungen innerhalb der zu verbürgenden Zuverlässigkeit kein Anlaß vorliegt, wenn das Schutzglas in seiner Fassung leicht beweglich und in unveränderter Lage bleibt.

Bei einem der geprüften Maßstäbe stellte sich heraus, daß die von der Reichsanstalt ermittelten Abweichungen ganz erheblich größer waren, als sie von der als zuverlässig bekannten Fabrik garantiert und gemessen waren. Diese Abweichungen (bis 0,15 *mm*) hatten lediglich darin ihren Grund, daß die Fabrik immer noch eine sogenannte Zimmertemperatur ihren Normalen zugrunde legt, während für die einheitliche Gestaltung der metrischen Werkstattnormalien die Zugrundelegung der metrischen Normaltemperatur 0° C. unerläßlich ist.

Ein Satz Endmaße (1 bis 12 Zoll engl.) war offenbar identisch mit einem bereits vor mehreren Jahren in der Reichsanstalt geprüften. Die neuerdings ermittelten Werte stimmten bis auf Beträge, die innerhalb der garantierten Zuverlässigkeit (1 bis 3 μ) lagen, mit den

[1]) Leman, Blaschke, Grimm.

früher angegebenen überein; die vorhandenen Abweichungen zeigten aber doch, daß die Endmaße in der Zwischenzeit kleiner geworden waren, ein Ergebnis, das darum von Interesse ist, weil die fraglichen Stücke sämtlich gehärtet sind.

2. Normale des Laboratoriums. Ein dem präzisionsmechanischen Laboratorium gehöriger Doppelsatz von zehntel Milligrammen (0,5, 0,2, 0,1 *mg*) wurde fundamental ausgeglichen.

Das Laboratorium hat sich im abgelaufenen Jahre ferner mit der Ausgestaltung seiner Längennormale befaßt. Da stählerne Maße in immer wachsender Zahl eingehen, so wurden zwei stählerne Normale von 1 und 2 *m* Länge, durchgehend in Millimeter geteilt, beschafft, deren Untersuchung zurzeit in Arbeit ist. Um von der jeweiligen Auflagerung dieser Stäbe unabhängig zu werden, ist die Teilung in der neutralen Schicht aufgebracht, indem die Stäbe an der Teilkante ausgefräst wurden. Diese Normale werden auch die Prüfung der größeren Teilspindeln wesentlich erleichtern.

Die Einrichtungen zur Ermittelung der thermischen Ausdehnung von Längenmaßen und Materialien sind neu in stand gesetzt worden.

II. Elektrische Arbeiten. *A. Starkstrom-Laboratorium.* *1. Übersicht der Prüfungsarbeiten[1]).* Die im Jahre 1905 geprüften elektrischen Apparate und Materialien sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

I. Meßapparate.

a) Mit Gleichstrom geprüfte Zeigerapparate für Messung	
der Spannung	53
„ Stromstärke	31
„ Spannung und Stromstärke	27
„ Leistung	38
„ Arbeit (Elektrizitätszähler)	129
des Widerstandes (Ohmmeter)	1
b) Mit Wechselstrom oder Drehstrom geprüfte Zeigerapparate für Messung	
der Spannung	7
„ Stromstärke	14
„ Leistung	21
„ Arbeit (einphasiger Wechselstrom)	44
„ Arbeit (dreiphasiger Wechselstrom)	42
„ Phasenverschiebung	1
„ Frequenz	3
c) Sonstige Meßapparate.	
Vorschaltwiderstände	9
Normalwiderstände (bei hoher Stromstärke)	1
Selbstinduktionsrollen	3
Kondensatoren	10
Wellenmesser nach Dönitz	1

II. Motoren und Transformatoren.

Gleichstrommotoren	2
Wechselstrom- und Drehstrommotoren	4

III. Materialien.

Untersuchung auf Isolationseigenschaften.	
Feste Materialien	60 Platten
Lacke und Öle	9 Sorten
Porzellanisolatoren und Isolierrohre	55 Stück
Leitungen und Isolierband	23 Sorten

[1]) Orlich, Diesselhorst, Reichardt, Günther Schulze, Giebe, Hugo Schultze, Schering, Lindemann, Schmiedel.

IV. Sonstiges.

Weckinduktor	1 Stück
Kurvenaufnahme einer Spannung	1 Antrag
Selbstinduktionen von Kabeln	3 Stück
Sicherungen	40 „

Außer den in dieser Tabelle enthaltenen laufenden Arbeiten sind abgeschlossen die experimentellen Arbeiten für die Systemprüfung von 11 Zählersystemen (6 für Gleichstrom, 5 für Wechsel- und Drehstrom) sowie 4 Ergänzungsprüfungen. Die Arbeiten für eine größere Zahl von weiteren Systemprüfungen sind noch im Gange.

2. Elektrometrische Untersuchungen[2]).

Wie in einer früheren Arbeit[1]) ausgeführt, bedarf die alte Maxwellsche Elektrometerformel

$$C\alpha = (V_1 - V_2)(V_0 - \tfrac{1}{2}[V_1 + V_2])$$

(α Ausschlag, V_0 Nadelpotential, V_1 V_2 Potentiale der Quadranten) mehrfacher Ergänzungen. Im besonderen ist in der für Leistungsmessungen wichtigen Quadrantschaltung (Nadel auf hohem Potential, ein Quadrantpaar an Erde, das andere auf niedrigem Potential) $C = C_0(1 + \mathfrak{A}V_0^2)$ zu setzen; d. h. je nach dem Werte von $\mathfrak{A}$, der sowohl positiv wie negativ sein kann, ist die Elektrometerkonstante mehr oder weniger von der Höhe des Nadelpotentials abhängig. Da man am bequemsten und genausten arbeitet, wenn $\mathfrak{A} = 0$ ist, so wurden Versuche darüber angestellt, wie man die Größe $\mathfrak{A}$ verändern kann.

Quadrantenflächen und Nadelebene seien möglichst horizontal, die Nadel, bis auf ihre Höhenlage in der Schachtel, symmetrisch eingestellt. Dreht man nun die Quadranten nach der einen oder anderen Richtung um die Längsachse der Nadel als Achse, so nimmt $\mathfrak{A}$ mit wachsender Neigung ab. Dreht man sie dagegen um die zur Längsachse der Nadel senkrecht stehende Horizontale, so nimmt $\mathfrak{A}$ mit wachsender Neigung zu; und zwar gilt beides für jede Höhenlage der Nadel innerhalb der Quadranten. Durch diese Justierungsarten kann man es, sowohl wenn $\mathfrak{A}$ positiv, als auch wenn es negativ ist, dahin bringen, daß $\mathfrak{A} = 0$ wird. Praktisch kommt meist die erste Justierungsart in Frage.

Die von Hallwachs[3]) vorgeschriebene Justierung auf Symmetrie der Ausschläge läßt sich bei beiden Justierungsarten durch bestimmte Maßnahmen wahren. Dies ist aber praktisch nicht so wichtig, weil man bei der von Orlich[4]) angegebenen Art zu kommutieren richtige Resultate erhält, auch ohne die Hallwachssche Justierung ausgeführt zu haben.

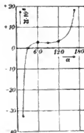


Fig. 5.

Die im Tätigkeitsbericht für 1904 (*diese Zeitschr.* **25.** *S. 114. 1905*) beschriebene verschiedene Änderung von C mit der Nadelspannung bei verschiedenen Höhenlagen der Nadel läßt sich aus obigem leicht erklären, wenn man die erhebliche Unebenheit der damals benutzten Quadranten berücksichtigt.

Sind die Quadrantenflächen und die Nadel möglichst eben, und sind alle drei Flächen einander möglichst parallel eingestellt, so ist $\mathfrak{A}$ in der Regel nicht gleich Null. Es wurde nun untersucht, wie es unter sonst gleichen Verhältnissen vom Nadelwinkel abhängt. Die nebenstehende Kurve (Fig. 5) zeigt diese Abhängigkeit für Nadeln von 5 *cm* Längsachse. Der Abstand der Quadrantenflächen voneinander betrug hierbei 2 *mm*, der Luftspalt zwischen den in einer Ebene liegenden Quadranten 0,5 *mm*, die Nadel hing in halber Höhe der Schachtel. Aus der Kurve entnimmt man, daß für einen Nadelwinkel α (Fig. 6) von etwas weniger als 30° $\mathfrak{A} = 0$ ist. Nadeln von 30° und 2,5 bezw.



Fig. 6.

[1]) Orlich, *diese Zeitschr.* **23.** *S. 103. 1903.*

[2]) H. Schultze.

[3]) *Wied. Ann.* **29.** *S. 1. 1886.*

[4]) *a. a. O.*

7,5 *cm* Längsachse ergaben die Konstanten $\mathfrak{A} = -1{,}5 \cdot 10^{-6}$ bezw. $\mathfrak{A} = +2{,}3 \cdot 10^{-5}$. Ein Verbreitern des Luftspalts läßt bei schmalen Nadeln ein Abnehmen von $\mathfrak{A}$ erwarten.

Ein kleiner Nadelwinkel (etwa 30° für obige Abmessungen) würde demnach am günstigsten sein. Es sei jedoch bemerkt, daß für Nadeln von 15° und 165°, d. h. von sehr kleinen und sehr großen Winkeln, die Formel für C (s. o.) nur angenähert zu gelten scheint. Ob sie schon bei Nadeln von 30° unter allen Umständen so scharf gültig ist wie bei solchen mit etwas größerem Winkel, ist augenblicklich Gegenstand der Untersuchung. Sicher liegt der günstigste Nadelwinkel nicht oberhalb 60°.

Die Größe C_0, die der Empfindlichkeit des Elektrometers unter der Bedingung $\mathfrak{A} = 0$ umgekehrt proportional ist, war bei allen Nadelwinkeln unter sonst gleichen Verhältnissen merklich dieselbe. Die Empfindlichkeit ist, wie weiter festgestellt wurde, merklich dem Quadrat der Längsachse der Nadel direkt und dem Abstande der beiden Quadrantenflächen indirekt proportional. Sucht man die Empfindlichkeit durch Vergrößern der Längsachse der Nadel zu steigern, so erhält man dadurch eine unbequem große Schwingungsdauer. Es ist deshalb empfehlenswerter, die Empfindlichkeit durch Verringern des Abstandes der ebenen Quadrantenflächen voneinander zu vergrößern; die Schwingungsdauer des beweglichen Systems wird hierdurch nicht verändert. Bei Verwendung sehr kleiner Abstände der Quadrantenflächen müssen, wenn die Formel für C genau gelten soll, Nadel und Quadrantenflächen sehr genau eben sein. Wie weit man die Empfindlichkeit bei guten Meßbedingungen treiben kann, ist noch Gegenstand der Untersuchung.

3. Konstruktion eines neuen Spiegel-Quadranten-elektrometers[1]. Die aus den elektrometrischen Untersuchungen gewonnenen Erfahrungen sind zur Konstruktion eines Quadrantenelektrometers für dynamische Messungen verwandt worden. Das Quadrantensystem setzt sich aus zwei getrennten Teilen zusammen; jeder Teil besteht aus einer runden ebenen Hartgummiplatte, auf welcher vier Messingsektoren (von 90° Winkel) verstellbar aufgeschraubt sind. Die Messingflächen der beiden Teile werden über einander gelegt; ihr Abstand wird durch vier am Umfang sitzende Mikrometerschrauben geregelt (Weite der Quadrantenschachtel). Quadrantenflächen und Nadel (aus Magnalium) sind möglichst eben. Bei der Konstruktion ist Wert darauf gelegt, daß alle Teile, die zur Justierung dienen, leicht zugänglich sind. Zur Herstellung des nahezu aperiodischen Zustandes des schwingenden Systems ist eine auf Luftreibung beruhende Bremse angebracht, deren Wirksamkeit justierbar ist. Bei sehr geringem Abstand der Quadrantenflächen genügt für die Dämpfung die Luftreibung der Nadel.

4. Glimmlicht-oszillograph[2]. Die im vorjährigen Tätigkeitsbericht erwähnte Methode zur Bestimmung des Stromverlaufs hochgespannter Wechselströme wurde weiter ausgebildet. Das Glimmlichtrohr erhielt eine neue Gestalt, bei welcher als Elektroden schmale Platten an Stelle von Drähten verwendet wurden; hierdurch wird die Lichtstärke des Glimmlichts und damit auch seine photographische Wirksamkeit erhöht. Mit der neuen Röhre wurden sodann Wechselströme von höherer Frequenz als früher (bis max. 4660 pro Sek.) photographiert. Durch Anwendung einer geeigneten Schaltung konnten auch Wechselströme niedriger Spannung untersucht werden. Betreffs näherer Angaben vgl. die betreffende Veröffentlichung (Anh. Nr. 32).

5. Versuche über Kurvenanalyse[3]. Mit dem Oszillographen von **Blondel** wurden Analysen von 50-periodigen Spannungskurven nach einer Resonanzmethode ausgeführt, die zuerst von **Pupin** und später von **Armagnat** angewandt ist, die aber, wie es scheint, trotz ihrer Vorzüge bisher keinen Eingang in die Praxis gefunden hat.

Die zu analysierende Spannung wurde durch das eine System eines bifilaren Oszillographen, einen Selbstinduktionsvariator von **Wien**[4]) und einen Kapazitätskasten in Serie geschlossen. Kapazität und Selbstinduktion wurden so gewählt, daß sie nacheinander einen

[1]) H. Schultze.

[2]) Gehrcke.

[3]) Orlich, Schering; vgl. auch Orlich, Aufnahme und Analyse von Wechselstromkurven. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn 1906. *S. 67.*

[4]) *Wied. Ann.* **57.** *S. 249. 1896.*

Resonanzkreis für die Grundwelle und die einzelnen Oberschwingungen der Spannung bilden. Der Oszillograph zeigt dann nacheinander ziemlich rein das Bild der Grundwelle und der Oberschwingungen. Sind die Ströme für den Oszillographen zu groß, so wird er in den Nebenschluß zu einem induktionslosen Widerstand passender Größe gelegt. Den Strom durch einen in Serie geschalteten Widerstand zu schwächen, ist nicht ratsam, weil das Resonanzbild um so deutlicher heraus kommt, je geringer der Gesamtwiderstand des Kreises ist. Die genaue Einstellung auf Resonanz erfolgt durch kontinuierliches Verändern der Selbstinduktion; sie ist erreicht, wenn die Kurvenamplituden durch ein Maximum gehen.

Das zweite Oszillographensystem ist mit einem induktionsfreien Widerstand in Serie gleichfalls an die aufzunehmende Spannung angelegt und gibt daher das Bild der zu analysierenden Spannungskurve. Gleichzeitig kann man aus der gegenseitigen Lage der Kurven *beider* Oszillographen erkennen, wie die einzelnen Schwingungen der Phase nach zur Spannungskurve und den anderen Teilwellen liegen. Die Kurvenbilder der höheren Oberschwingungen werden ziemlich unregelmäßig, wenn die Spannungskurve auch die Nachbarschwingungen enthält; trotzdem ist die Einstellung auf das Resonanzmaximum meist mit großer Schärfe möglich.

Für eine 50-periodige Wechselspannung ist die Resonanzbedingung für die a-te Oberschwingung

$$a^2 \omega^2 L C = 1 \quad (\omega = 2\pi \times \text{Periode der Grundschwingung}).$$

Wird L in Henry, C in Mikrofarad gemessen, so ist $LC = 10/a^2$.

Es wurde gewählt

$a = 1$	$L = 2$ Henry	$C = 5$ Mikrofarad
3	1 „	1,1 „
5	0,1 „	4 „
7	0,102 „	2 „
9	0,095 „	1,3 „
11	0,092 „	0,9 „
13	0,098 „	0,6 „
15	0,089 „	0,5 „
17	0,087 „	0,4 „

u. s. w.

In einem Falle wurde noch die 37-ste Oberschwingung erhalten. Da solche Schwingungszahlen in der Nähe der Eigenperiode der Oszillographenschleife, die in unserem Falle 2800 pro Sek. betrug, liegen, wurde untersucht, ob die Empfindlichkeit der Schleife trotz der Öldämpfung mit steigender Wechselzahl sich änderte. Es wurde dazu der nicht transformierte Strom der Dolezalekschen Sirene benutzt. Es zeigte sich, daß die Empfindlichkeit sehr wenig und ziemlich gleichmäßig anstieg und bei 2800 Wechseln nur den doppelten Wert hatte als bei 100 Wechseln, bei weiterer Erhöhung der Wechselzahl fiel die Empfindlichkeit ein wenig schneller ab. Bei Wechseln von 2000 und darunter war übrigens die Sirenen-Kurve keine reine Sinusschwingung. Unter Berücksichtigung dieser Stromempfindlichkeit, kann man aus den Widerständen des Resonanzkreises und den gemessenen Amplituden der Oszillographenbilder die Intensitäten der einzelnen Oberschwingungen berechnen.

Beim Versuch, die Spannungskurve der Charlottenburger Zentrale zu analysieren, zeigte es sich, daß es nicht möglich war, namentlich bei höheren Oberschwingungen ein scharfes Resonanzmaximum zu erhalten. Amplitude und Form des Resonanzbildes pendeln periodisch. Die Erscheinung ist dadurch zu erklären, daß die Geschwindigkeit der Zentralenmaschine innerhalb einer Umdrehung inkonstant ist. Da also auch die Periodenzahl innerhalb einer Periode um ihren Sollwert pendelt, so muß das Resonanzbild im Takt der Umdrehungen gestört werden. Aus der Veränderung der Kurvenbilder kann man einen Schluß auf den Ungleichförmigkeitsgrad der Maschine ziehen.

Will man die Kurve eines stärkeren Stromes analysieren, so genügt die Empfindlichkeit des Oszillographen nicht, um den Resonanzkreis in den Nebenschluß zu einem induktions-

losen Starkstromwiderstand zu legen, weil bei den gangbaren Widerstandsmodellen der maximal zulässige Spannungsabfall zu gering ist. Gute Resultate wurden mit folgender Anordnung erzielt. Der Oszillograph wird durch einen Kondensator, einen Selbstinduktionsvariator und eine Normalrolle vom Betrage 0,1 Henry geschlossen. Um letztere sind einige Windungen der Hauptstromleitung gelegt, in welchen der zu analysierende Wechselstrom fließt. Es genügen etwa 150 Amperewindungen.

Mittels der Resonanzmethode gelingt es, Oberschwingungen nachzuweisen und zu messen, die man durch mathematische Analyse der unzerlegten Kurve nur unsicher und mühevoll nachweisen kann. Dennoch ist dieser Nachweis, namentlich bei den Spannungskurven von Maschinen, wichtig, weil auch hohe Oberschwingungen bei entsprechender Belastung der Maschine eine größere Wirksamkeit bekommen können.

6. Methode zur Erzeugung von Kapillarwellen auf dielektrischen Flüssigkeiten und zur Messung der Frequenz hochgespannter Wechselströme[1].

Taucht man die Pole einer Wechselspannung in einigen Zentimeter Abstand voneinander in eine dielektrische Flüssigkeit, so erscheint auf der Oberfläche zwischen den Polen eine Hyperbelschar stehender Kapillarwellen, die durch Übereinanderlagerung zweier von den Polen ausgehender ringförmiger Wellensysteme gebildet wird. Die fortschreitenden Wellen haben die doppelte Frequenz des erzeugenden Wechselstromes. Ihre Entstehung (an der Grenze zwischen zwei Dielektriken verschiedener Dielektrizitätskonstante) erklärt sich aus der bekannten Erscheinung, daß ein Dielektrikum mit höherer Dielektrizitätskonstanten möglichst viel Kraftlinien des elektrischen Feldes in sich zu vereinigen strebt. Auf Petroleum ist die Erscheinung von etwa 1000 Volt an zu beobachten, auf destilliertem Wasser bereits von etwa 150 Volt an. Beleuchtet man mit einem Gleichstromlichtbündel durch eine stroboskopische Scheibe hindurch, so stehen, wie zu erwarten, die Ringsysteme bei einer gewissen Umdrehungszahl scheinbar still. Aus der sekundlichen Umdrehungszahl und der Zahl der Löcher in der Scheibe kann man die Periodenzahl des die Kapillarwellen erregenden Wechselstromes finden. Dies führt zur Konstruktion eines auch für hohe Spannungen brauchbaren Frequenzmessers, der sehr scharf einstellbar ist und ein Minimum von Energie verbraucht.

7. Messungen mit Wechselströmen hoher Frequenz[2].

Unter Benutzung einer Wechselstrommaschine Dolezalekscher Konstruktion (vgl. *diese Zeitschr.* **23.** *S. 240. 1903*) als Stromquelle wurden Untersuchungen über das Verhalten von Selbstinduktionsrollen gegenüber Wechselströmen von hoher Frequenz angestellt. Die Normalrollen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt wurden in einer Wheatstoneschen Brücke mit Schleifdraht in üblicher Weise miteinander verglichen. Ein Telephon diente als Nullinstrument, ein veränderlicher Kondensator im Hauptstromzweig zur Herstellung der Resonanz für die jeweilige Periodenzahl. In vielen Fällen, insbesondere bei hohen Werten der zu vergleichenden Selbstinduktionen, aber auch, wenn die Brücke nur induktionslose Widerstände enthielt, war kein gutes Minimum im Telephon zu erzielen. Zugleich erwies sich die Einstellung des Gleitkontaktes auf dem Schleifdraht als abhängig von Schaltungsänderungen im Hauptstromzweig.

Die Ursache aller dieser Erscheinungen ist in Kapazitätswirkungen zu suchen. Einzelne Teile der Brücke sowie des Hauptstromzweiges besitzen Kapazitäten gegen Erde von solcher Größe, daß bei den hohen Wechselzahlen (bis 8000 pro Sek.) in Verbindung mit den auftretenden hohen Teilspannungen erhebliche Ladeströme entstehen, die ihren Weg z. T. durch das Telephon nehmen und sich über den eigentlichen Brückenstrom lagern.

Eine besonders große Kapazität besitzt die Sirenenspule gegen Erde. In der Tat verschwanden die genannten Störungen oder wurden doch bedeutend verringert, als man den Maschinenstrom nicht direkt der Brücke zuführte, sondern einen geeigneten Transformator zwischenschaltete. Um elektrostatische Einwirkung der primären auf die sekundäre Spule des Transformators auszuschließen, wurde zwischen beiden unter Verzicht auf stärkste Koppelung ein Luftraum von 1 *cm* gelassen und außerdem die (innere) Primärspule mit

[1] H. Schultze.

[2] Diesselhorst, Giebe.

einer zur Erde abgeleiteten dünnen metallischen (aber geschlitzten) Schutzhülle umgeben. Bei den hohen Periodenzahlen ist es nicht nötig, den Transformator mit einem Eisenkern zu versehen. Er dient daher bei Herstellung von Resonanz zugleich zur Reinigung des Wechselstromes von Obertönen.

Es wurde versucht, den Oszillographen als Resonanzinstrument an Stelle des Telephons zu benutzen. Zwei ungedämpfte Bifilarsysteme mit den Eigenperioden 2000 bezw. 2500 pro Sek. ergaben gute Resultate.

8. Messung kleiner Selbstinduktionskoeffizienten[1]).

Um den Satz von Selbstinduktionsnormalen zu vervollständigen, wurden provisorisch auf hartes Holz gewickelte Rollen von den Sollwerten $3 \cdot 10^4$, 10^4, $3 \cdot 10^3$ und 10^3 *cm* hergestellt. Der Anschluß an die vorhandenen Rollen geschah durch Vergleich in der Wheatstoneschen Brücke unter Benutzung von breiten, bifilar gelegten Metallbändern als Brückendraht.

9. Wellenlänge elektrischer Schwingungen[2]).

Für die Praxis der drahtlosen Telegraphie ist es erforderlich, die Wellenlänge der elektrischen Schwingungen, mit welchen man operiert, zu kennen. Die hierfür konstruierten handlichen Meßapparate, z. B. die Wellenmesser von Dönitz, Franke, Ives sowie die Slabyschen Multiplikationsstäbe liefern nicht ohne weiteres absolute Zahlen. Für die Zurückführung der Angaben dieser Apparate auf absolute Werte erwiesen sich die Lecherschen Doppeldrähte als geeignet. Sie wurden im Garten der Reichsanstalt auf einer Strecke von etwa 130 *m* gerade ausgespannt, umgebogen und zurückgeführt, sodaß die Gesamtlänge etwa 260 *m* betrug. Die Erregung des Drahtsystems sowohl als der zu vergleichenden Apparate geschah durch die Entladungsschwingungen eines Luftkondensators, der durch eine Tesla-Anordnung mit Induktor geladen wurde. Das Drahtsystem war an dem Ende, an welchem die Koppelung stattfand, geschlossen. Die Abstimmung wurde durch Verschieben eines Drahtbügels am anderen Ende bewirkt und am Anfleuchten einer Geißlerschen Röhre erkannt. Die Länge des Drahtsystems ist dann gleich der halben Wellenlänge, sodaß Wellen bis zu 520 *m* gemessen werden konnten. Die Resultate der zunächst für die Slabyschen Multiplikationsstäbe ausgeführten Untersuchung sind in der *Elektrotechn. Zeitschr.* ***26.* *S. 697. 1905*** veröffentlicht (Anh. Nr. 33). Die Messungen lieferten Werte, welche etwa 10% größer waren als die der Slabyschen Eichung. Ähnliche Abweichungen haben auch die von Hrn. Drude an Slabyschen Stäben angestellten Messungen ergeben (vgl. *ebenda S. 339.*)

Für die Untersuchung der Dönitzschen Wellenmesser[3]) wurde die oben geschilderte Versuchs-Anordnung dadurch weiter vervollkommnet, daß in sämtlichen Sekundärkreisen genaue Resonanz auf die erregenden Schwingungen hergestellt wurde. Da auf diese Weise eine größere Energie im letzten Schwingungskreise zur Verfügung stand, war es möglich, mit einem einerseits offenen Drahtsystem von nur ¼ Wellenlänge zu arbeiten, obgleich dann die Koppelung an einer relativ unwirksamen Stelle des Drahtsystems, nämlich nahe dem offenen Ende, also in relativ geringer Entfernung von der unwirksamen Stelle des Stromknotens stattfinden mußte.

B. Schwachstrom-Laboratorium[4]). *Laufende Prüfungsarbeiten.*

Im Jahre 1905 wurden geprüft

9 Proben Leitungsmaterial (5 Anträge);
4 Proben Widerstandsmaterial (2 Anträge);
145 Einzelwiderstände;
45 Widerstandssätze (7 Kompensatoren, davon 2 mit Meßbrücke, 11 Meßbrücken, 15 Widerstandskästen, 6 Verzweigungswiderstände, 6 Spannungsteiler) mit zusammen 1359 Abteilungen;
19 verschiedene Prüfungen (darunter 2 Deprez-d'Arsonval-Galvanometer, 1 Universal-Galvanometer, 1 Ohmmeter, 2 Galvanoskope);

[1]) Giebe.
[2]) Gehrcke.
[3]) Diesselhorst.
[4]) Lindeck.

57 Clarksche Normalelemente;
96 Westonsche Normalelemente;
2 Akkumulatoren (1 Antrag);
84 Trockenelemente (13 Anträge).

1. Widerstände. Von den geprüften Einzelwiderständen waren 122 Draht- und 23 Blechwiderstände. Bis auf 4 Apparate, bei denen die Angaben über das verwandte Material fehlten, und 1 Walzenbrücke war bei sämtlichen Einzelwiderständen und Widerstandssätzen Manganin verwendet.

Für 156 Apparate lagen Angaben über den Besteller vor. Danach waren 96 für das Ausland bestimmt, und zwar gingen 55 nach Amerika, 16 nach Österreich-Ungarn, 13 nach England, 11 nach Holland und 1 nach Schweden.

Für die verschiedenen Laboratorien der Reichsanstalt wurden 20 Einzelwiderstände, 1 Widerstandssatz mit 21 Abteilungen und die Widerstände einer Pyrometerschaltung geprüft.

2. Normalelemente. Während die Zahl der geprüften Clark-Elemente nicht wesentlich höher ist als im Vorjahr, ist die Zahl der Weston-Elemente auf das Doppelte gestiegen.

Bei den Clark-Elementen lag die Abweichung vom Sollwert (1,4328 Volt bei 15° C.

bei 13 Stück zwischen 0,0000 und 0,0004 Volt,
„ 27 „ „ 0,0004 „ 0,0007 „ ;
„ 3 „ zeigten sich veränderliche Werte,
„ 14 „ „ „ äußere Mängel.

Die Zahl der nicht beglaubigungsfähigen Clark-Elemente (17 Stück) ist erheblich geringer als im Vorjahr.

Die Prüfung der von der European Weston Electrical Instrument Co eingesandten Weston-Elemente ergab (bei Zimmertemperatur) die folgenden Werte:

bei	2	Stück	1,0187 Volt
„	4	„	1,0188 „
„	10	„	1,0189 „
„	19	„	1,0190 „
„	27	„	1,0191 „
„	22	„	1,0192 „
„	1	„	1,0193 „
„	1	„	1.0194 „
„	3	„	1,0195 „

5 Stück zeigten Mängel, die die Ausstellung eines Prüfungsscheines ausschlossen. Wenn auch der bei weitem größte Teil der geprüften Weston-Elemente gut unter einander stimmende Werte der elektromotorischen Kraft zeigt, so kommen doch auch einzelne größere Abweichungen vom Mittelwert vor, die auf die noch nicht ganz gelöste Frage des Merkurosulfats zurückzuführen sein dürften.

3. Nachprüfungen für die elektrischen Prüfämter. Für die Prüfämter Nr. 1 bis 6 wurden 36 Einzelwiderstände, 10 Widerstandssätze mit 200 Abteilungen und 12 Normalelemente einer Nachprüfung unterzogen.

4. Trockenelemente. Die Anträge auf Prüfung von Trocken-Elementen waren im Berichtsjahre außergewöhnlich zahlreich. Die Bestimmung des inneren Widerstandes (Größenordnung etwa 0,1 Ohm) wurde so ausgeführt, daß man zwei Elemente von nahezu gleicher elektromotorischer Kraft (bezw. gleicher Klemmenspannung, wenn sie während der Stromlieferung gemessen werden sollten) in bekannter Weise in zwei Zweige der Wechselstrom-Brücke schaltete und das Verhältnis ihrer Widerstände bestimmte (Kohlrausch, Lehrbuch der praktischen Physik. 10. Aufl. *S. 422*). Schaltet man dann hinter das eine Element einen gegebenen Widerstand von passender Größe (z. B. 0,1 Ohm) und macht eine zweite Einstellung, so ergibt sich durch Kombination der beiden Einstellungen der Widerstand jedes einzelnen Elements. Das Verfahren hat den Vorteil, daß man mit den gewöhnlich vorhandenen Laboratoriums-Hülfsmitteln auskommt, dagegen den Nachteil, daß man zweier Elemente von nahezu gleicher elektromotorischer Kraft bezw. Klemmenspannung bedarf.

5. Sonstige Arbeiten.

In der Berichtszeit ist eine Vergleichung der Quecksilbereinheiten des *National Physical Laboratory* in Teddington und der Reichsanstalt mit Manganin-Widerständen als Zwischenglied ausgeführt worden. Die besten Resultate ergaben sich mit Büchsen, die als Handgepäck transportiert wurden; versandte man die Widerstände als Frachtgut, so wurden infolge des Transports Änderungen von 0,002 bis 0,003 °/₀ in den Werten der Drahtwiderstände beobachtet, die aber nicht dauernde waren, sondern im Laufe der Zeit zum größten Teil zurückgingen.

Diese Änderungen scheinen die Folge starker Stöße zu sein, denen die Büchsen, namentlich beim Transport über See, leicht ausgesetzt sind. Bei sehr rasch aufeinander folgenden, Stunden lang anhaltenden schwächeren Erschütterungen einer Büchse konnten Widerstandsänderungen, die 1 Millionstel des Wertes erreicht hätten, nicht beobachtet werden.

Als Resultat der Vergleichungen ergab sich

1 int. Ohm (N. P. L.) — 1 intern. Ohm (P. T. R.) = + 0,00004 Ohm.

Es kann keinem Zweifel unterliegen, daß die Übereinstimmung in den Quecksilber-Einheiten, die von verschiedenen Beobachtern unabhängig voneinander hergestellt werden, noch weiter getrieben werden kann, wenn man in allen wichtigen Punkten sich über die zu benutzenden Methoden einigt. Die Konstruktion der Quecksilbereinheit des N. P. L. (vgl. Smith, *Phil. Trans. Roy. Soc. London* **204.** *S. 57. 1904*) weicht jedoch in vielen Einzelheiten von dem bei der Herstellung der Einheit in der Reichsanstalt angewandten Verfahren ab.

Betreffs der Vorbereitungen für Arbeiten mit dem Silbervoltameter vgl. *S. 122*, betreffs der pyrometrischen Arbeiten *S. 158*.

C. Referat für die elektrischen Prüfämter[1].

1. Neue Prüfämter.

Neue Prüfämter sind in dem Jahre 1905 nicht eröffnet worden.

2. Beschäftigung der Prüfämter.

Von den vorhandenen sechs Ämtern waren diejenigen in München und in Frankfurt a. M. durch Prüfungen der in den städtischen Elektrizitätswerken der genannten beiden Orte angewandten Zähler stark beschäftigt und haben bezüglich der Prüfamtseinrichtungen sowohl wie auch bezüglich der Wirkung der amtlichen Prüfungen auf die Beschaffenheit der Zähler umfangreiche und größtenteils günstige Erfahrungen gesammelt. Die übrigen Prüfämter waren wieder nur wenig in Anspruch genommen. Ihre Erfahrungen gingen dahin, daß wohl ein erhebliches Bedürfnis nach amtlichen Zählerprüfungen, speziell auch für die neu in Verkehr kommenden Apparate, vorliegt, daß aber in Rücksicht auf die Kosten nur wenige Prüfungsanträge gestellt werden, wo dies dem freien Ermessen der Beteiligten anheimgestellt bleibt.

3. Systemprüfungen.

Auf Grund der vorgenommenen Systemprüfungen sind während des Berichtsjahres die folgenden Zählersysteme zur Beglaubigung zugelassen worden:

System 9: *Oszillierende Motorzähler für Gleichstrom*, Form KG, G und GG der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft in Berlin.

„ 10: *Rotierende Motorzähler für Gleichstrom*, Form R der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft in Berlin.

„ 11: *Magnet-Motorzähler für Gleichstrom*, Form RA, RAR und RAM der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft in Berlin.

„ 12: *Isaria-Zähler für Wechselstrom*, Form FEM der Luxschen Industriewerke in München.

„ 13: *Isaria-Zähler für Drehstrom mit gleichbelasteten Zweigen*, Form FDS der Luxschen Industriewerke in München.

„ 14: *Motorzähler für Gleichstrom*, Form AG der Aktiengesellschaft Mix & Genest in Berlin.

[1] Feußner.

System 15: *Induktionszähler für Wechselstrom*, Form W, der Siemens-Schuckert-Werke in Nürnberg.

„ 16: *Motorzähler für Gleichstrom*, Form BNR, NR, AR und RR der Isaris-Zählerwerke in München.

Außerdem wurden auf Grund von Ergänzungsprüfungen in das System 5, dessen Fabrikation ebenso wie diejenige der Systeme 6 und 7 auf die Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft übergegangen ist, eine neue Form LR und in die Systeme 1 und 2, welche von der Elektrizitätszählerfabrik H. Aron in Charlottenburg hergestellt werden, die neuen Formen KG, LG, PW und ND aufgenommen.

D. Magnetisches Laboratorium[1].

1. Übersicht über die Prüfungsarbeiten.

I. Meßapparate.

Magnetisierungsapparate (nach Köpsel-Kath) der Firma Siemens & Halske A.-G. 2

II. Materialien.

Die Anzahl der Prüfungen betrug

für unmagnetisches Material	26
„ Stahlguß, Gußeisen u. s. w.	20
„ Magnetstahl in Stabform	1
„ Hufeisenmagnete	5
„ Dynamoblech	30

und zwar wurden 4 von den letzteren Proben nur statisch, 23 nur wattmetrisch und 3 Proben nach beiden Methoden untersucht.

Außerdem wurde für eine Probe noch der Alterungskoeffizient bestimmt, d. h. die prozentuale Änderung der Verlustziffer nach 600-stündiger Erwärmung auf 100°.

2. Vergleichung von Untersuchungsmethoden für magnetische Materialien.

Die Resultate der vergleichenden magnetischen Untersuchungen mit den Eisenprüfapparaten von Epstein, Möllinger und Richter, welche der Hauptsache nach bereits im vorigen Tätigkeitsbericht wiedergegeben sind, wurden in der Elektrotechnischen Zeitschrift veröffentlicht (Anh. Nr. 37), und zwar sollte der betreffende Aufsatz gleichzeitig als Anleitung zur sachgemäßen Ausführung derartiger Untersuchungen auch für Nichtfachleute in Eisenhütten u. s. w. dienen. Auf Grund der in der Reichsanstalt und auch von anderen Mitgliedern der Hysterese-Kommission gewonnenen Messungsergebnisse erhob der Verband Deutscher Elektrotechniker bei seiner Tagung in Dortmund-Essen folgenden Vorschlag der Hysterese-Kommission zum Beschluß: „Zur Ausführung der Messungen geeignet sind die Apparate nach Epstein, Möllinger und Richter. Es wird empfohlen, bei Garantiebestimmungen die Verlustziffer auf einen dieser Apparate zu beziehen.“

3. Vergleichung zwischen Gleichstrom- und Wechselstrom-Magnetisierung.

Die Untersuchung über das Verhältnis der Magnetisierung durch Gleichstrom und durch Wechselstrom, deren praktische Übereinstimmung bereits im vorigen Tätigkeitsbericht Erwähnung fand, wurde noch durch Untersuchung eines Materials ergänzt, welches bei vorzüglichen magnetischen Eigenschaften einen hohen elektrischen Widerstand besitzt, sodaß der Einfluß der Wirbelströme beträchtlich verringert ist. Es ergab sich hierbei, daß die früher gefundene geringe Differenz zwischen Gleichstrom- und Wechselstrommagnetisierung zum Teil tatsächlich auf der Einwirkung der Wirbelströme, zum Teil aber auch auf derjenigen der magnetischen Nachwirkung, der sogenannten Viskosität, zu beruhen scheint. Die Viskosität scheint außerdem bei Wechseln bis zu 50 Perioden pro Sekunde und Induktionen bis zu $B = 12000$ zu bewirken, daß bei manchen Materialien die Hysteresearbeit pro Periode scheinbar bis zu einem gewissen Grad von der Schnelligkeit der Ummagnetisierung abhängt, während bei höheren Induktionen eine solche Abhängigkeit nicht mehr nachzuweisen

[1]) Gumlich, Malmström bezw. Vollhardt.

war. Die Resultate der ganzen Untersuchung wurden in den Wissenschaftlichen Abhandlungen der Reichsanstalt und in der Elektrotechnischen Zeitschrift veröffentlicht (Anh. Nr. 36).

4. Einfluß der chemischen Zusammensetzung und thermischen Behandlung auf die magnetischen Eigenschaften der Eisenlegierungen.

Eine befriedigende Aufklärung der bis jetzt noch wenig erforschten Beziehung zwischen der Magnetisierbarkeit der Eisenlegierungen und ihrer chemischen Zusammensetzung und thermischen Behandlung wird nur von einer sehr umfassenden Untersuchung erwartet werden dürfen, und zwar muß Versuchsmaterial von jeder notwendig erscheinenden Zusammensetzung zur Verfügung stehen und muß systematisch veränderlichen Ausglühprozessen unterworfen werden können. Da nun, wie sich im Verlauf der Arbeiten der Hysterese-Kommission ergab, eine derartige Untersuchung im Interesse der Elektrotechnik dringend erwünscht ist, und da der Verband Deutscher Elektrotechniker für die Durchführung derselben der Reichsanstalt eine erhebliche pekuniäre Beihülfe in Aussicht stellen konnte, so erklärte sich die Reichsanstalt bereit, diese schwierige und langwierige Aufgabe in Angriff zu nehmen, vorausgesetzt, daß die Eisenhüttenwerke die notwendige Unterstützung durch Lieferung von Material und chemischen Analysen gewähren würden.

Leider verhielt sich bei den daraufhin angeknüpften Verhandlungen eine ganze Anzahl von Firmen entweder direkt ablehnend oder stellte aus geschäftlichen Rücksichten Bedingungen, auf welche die Reichsanstalt nicht eingehen durfte. Immerhin wird die Anzahl und die Leistungsfähigkeit der Firmen, welche sich zur kostenlosen Mitarbeit bereit erklärten, zur Durchführung der Untersuchung voraussichtlich ausreichen. Als Äquivalent für die zu bringenden Opfer wurde seitens der Reichsanstalt den beteiligten Firmen in Aussicht gestellt, daß sie während der Dauer der Untersuchung über die Ergebnisse derselben fortlaufend unterrichtet werden sollten und sie sofort nutzbar verwenden könnten, während die Veröffentlichung der Ergebnisse erst nach Abschluß der Versuche, voraussichtlich also nicht vor 5 bis 6 Jahren, erfolgen würde.

Da auch das eisenhüttenmännische Laboratorium in Aachen und das Königliche Material-Prüfungsamt in Groß-Lichterfelde in entgegenkommender Weise ihre Hülfe in Aussicht stellten, konnten die Vorarbeiten in Angriff genommen werden. Dieselben bezogen sich hauptsächlich auf den Entwurf und die Beschaffung notwendiger Apparate und Hülfsmittel wie mehrerer kleiner und eines großen Ausglühofens mit elektrischer und mit Gasheizung, einer regulierbaren Drosselspule, mehrerer Pyrometer mit und ohne Registrierung u. s. w., doch haben auch die eigentlichen Versuche bereits begonnen.

Es ist noch zu erwähnen, daß die geplanten Versuche sich auch auf das sogenannte „Altern“ der Bleche erstrecken sollen, d. h. auf die bis jetzt noch unaufgeklärte Tatsache, daß sich die magnetischen Eigenschaften gewisser Dynamoblechsorten durch andauernden Gebrauch wahrscheinlich infolge der dabei auftretenden Erwärmung verschlechtern. Auch das elektrische Leitvermögen und der Temperaturkoeffizient desselben sollen in ihrer Abhängigkeit von der chemischen Zusammensetzung und thermischen Behandlung untersucht werden.

III. Arbeiten, betreffend Wärme und Druck.

1. Übersicht über die laufenden Arbeiten[1].

Im Berichtjahr sind folgende Instrumente und Apparate geprüft worden:

I. Thermometer.

18 321	ärztliche Thermometer,
778	feinere Thermometer mit Korrektionsangaben in 0,01°, geprüft in Temperaturen bis 100°,
1 183	Thermometer mit Korrektionsangaben in 0,1°, geprüft wie die vorigen,
104	Siedethermometer für Höhenbestimmungen,
64	Beckmannsche Thermometer,
47	Tiefseethermometer,
1 057	hochgradige Thermometer für Temperaturen über 100° bis 570°,
30	tiefgradige Thermometer,
21 584	Thermometer.

[1]) Wiebe, Grützmacher, Rothe, Moeller, Hoffmann, Schwirkus, Hebe.

II. Elektrische und optische Temperaturmesser.

812 Thermoelemente,
12 Millivoltmeter für thermoelektrische Zwecke,
34 optische Pyrometer nach Wanner nebst 12 zugehörigen Rauchgläsern,
14 Glühlampen für optisch-pyrometrische Zwecke,
4 Tantallampen zur Bestimmung der sogenannten schwarzen Temperatur des Glühfadens,
5 andere Pyrometer,
1 Präzisions-Platinthermometer.

III. Druck-Meßinstrumente.

5 Quecksilberbarometer,
11 Aneroidbarometer,
11 Manometer,
30 Indikatorfedern.

IV. Apparate zur Untersuchung des Erdöls.

108 Petroleumprober,
235 Zähigkeitsmesser,
8 Siedeapparate für Mineralöle.

V. Sonstiges.

1 Verbrennungskalorimeter,
7 Kohlenproben auf Heizwert,
1 Kahelmasse auf Schmelz- und Siedepunkt,
1 Petroleumsorte auf Entflammbarkeit.

2. Thermometer. Von den 21 584 Thermometern waren 4602 wegen Nichteinhaltung der Prüfungsvorschriften unzulässig, 190 gingen beschädigt ein, 116 wurden während der Prüfung beschädigt. Im ganzen sind demnach 4908 Thermometer = 23% von den zur Prüfung eingereichten Thermometern zurückgewiesen worden.

Unter den 18 321 ärztlichen Thermometern[1]), die um rund 5000 gegen das Vorjahr zugenommen haben, waren 7286 Stück = 39% fehlerfrei.

Über die Verwendbarkeit ärztlicher Thermometer mit farbig belegter Kapillarröhre sind auf Veranlassung der Reichsanstalt durch Vermittlung der Ärztekammer für die Provinz Brandenburg in verschiedenen Krankenhäusern praktische Versuche gemacht worden. Fast allgemein wurde anerkannt, daß die Thermometer mit gelb belegten Kapillarröhren in der Dämmerbeleuchtung der Krankensäle leichter und sicherer abgelesen werden können als die farblosen sowohl wie die rot, rosa, orange und blau gefärbten. In einem Falle wurden auch die grün gefärbten, jedenfalls aber stets die helleren Farben bevorzugt, sodaß es für die Thermometerfabrikanten geraten erscheint, die Herstellung der Thermometer mit dunkel belegter Kapillare ganz aufzugeben (Anh. Nr. 45).

Die Thermometerprüfungen für wissenschaftliche und meteorologische Zwecke[2]) haben wieder erheblich (um 24% gegen das Vorjahr) zugenommen, wobei besonders die Zunahme der Beckmannschen, der Siede- und der Tiefsee-Umkipp-Thermometer ins Gewicht fällt. Letztere Instrumente werden für gewöhnlich einer Druckprobe bis 600 *kg/qcm*, auf Antrag jedoch auch einer solchen bis 900 *kg/qcm* unterzogen.

Ebenso ist auch bei den hochgradigen Thermometern[3]) eine nicht unbeträchtliche Zunahme zu verzeichnen.

[1]) Hebe.
[2]) Grützmacher.
[3]) Moeller.

Unter den tiefgradigen Thermometern befanden sich 18 Pentanthermometer[1]) für Temperaturen bis — 190°.

3. Thermometer-Prüfungsstellen unter Kontrolle der Reichsanstalt[2]).

Die Großherzoglich Sächsische Prüfungsanstalt für Glasinstrumente zu Ilmenau wurde einmal und die Herzoglich Sächsische Prüfungsstelle für ärztliche Thermometer zu Gehlberg zweimal revidiert. Die Prüfungsarbeiten der beiden Anstalten sind nachstehend zusammengestellt.

Es wurden im Jahre 1905 geprüft

	in Ilmenau	Gehlberg
Ärztliche Thermometer	40 525	2544
Meteorologische, Laboratorium-, Fabrikthermometer	1 047	—
Häusliche Thermometer	165	—

In der Ilmenauer Prüfungsanstalt wurden 3903 Prüfungsscheine in fremder Sprache ausgefertigt.

4. Brauchbarkeitsgrenze der hochgradigen Thermometer[3]).

Die Versuche über die Erweichungsgrenze des Glases 59^{III} sind mit 5 von der Firma W. Niehls gelieferten hochgradigen Stabthermometern, die unter Drucken zwischen 14 und 18 Atm. mit Stickstoff oberhalb des Quecksilbers gefüllt waren, fortgesetzt worden.

Die Thermometer wurden zunächst durch andauerndes Erhitzen auf 500° so lange gealtert, bis ihre Eispunkte konstant waren. Nach 95-stündiger Erhitzung hatten sich die Eispunkte im Mittel um 5,7° gehoben. Dann wurden die Thermometer von 510° anfangend von 5° zu 5° steigend bis 535° bei jedem Temperaturpunkt längere Zeit erhitzt und diese Erhitzung fortgesetzt, bis eine weitere Erniedrigung des Eispunktes nicht mehr eintrat. Die eingetretene Erniedrigung des Eispunkts wurde dann durch eine Alterung bei 500° wieder ganz oder zum Teil zum Verschwinden gebracht, soweit sie eine Folge thermischer Nachwirkung war, während die durch Erweichung des Glases hervorgerufene Aufweitung des Quecksilbergefäßes bestehen blieb, wie dies aus nachstehender Tafel ersichtlich ist.

Dauer der Erhitzung in Stunden	Temperatur	Mittlerer Anstieg	Mittlere Erniedrigung	Mittlere Veränderung der Eispunkte
				+ bedeutet Anstieg des Eispunktes. — bedeutet Aufweitung des Gefäßes.
95	500°	+ 5,70°		
1	510		— 0,62°	+ 0,24°
23	500	+ 0,86		
1	515		— 0,46	+ 0,48
29	500	+ 0,94		
2	520		— 0,91	— 0,31
14	500	+ 0,60		
1 3/4	525		— 1,08	— 0,33
9	500	+ 0,75		
4	530		— 2,43	— 0,77
38	500	+ 1,66		
7 3/4	535		— 5,60	— 3,75
	500	+ 1,85		

Die Zahlen lassen deutlich erkennen, daß die Thermometer in Temperaturen über 515° nicht gebraucht werden können, ohne dauernde Aufweitung ihrer Gefäße zu erleiden. Man muß hiernach die Brauchbarkeitsgrenze der Thermometer aus Glas 59^{III} für Messungen, die genauer als 0,5° sein sollen, auf 515° festsetzen. Dies schließt nicht aus, daß die Thermo-

[1]) Rothe, Hoffmann.
[2]) Wiebe.
[3]) Wiebe, Moeller.

meter auf kürzere Zeit zu weniger genauen Versuchen auch noch in höheren Temperaturen benutzt werden können.

Für ein Thermometer aus Jenaer Verbrennungsröhrenglas ist in Übereinstimmung mit den Versuchen von 1898 der Erweichungspunkt des Glases, d. h. eine dauernde Erniedrigung des Eispunktes, bei 570° gefunden worden.

Zur genanern Bestimmung der thermometrischen Eigenschaften des Verbrennungsröhrenglases, insbesondere der Depressionsgrößen und der Reduktionen auf das Gasthermometer, sind eine Reihe von Normalthermometern aus dieser Glasart mit Teilung bis 600° von W. Niehls bezogen worden. Die Bestimmung der Kaliberfehler und des Fundamental-Abstandes ist in Arbeit.

5. Elektrische und optische Temperaturmessungen.

a) Thermoelemente[1].

Unter den geprüften 812 Thermoelementen befanden sich 737 Le Chateliersche Thermoelemente, von denen 662 den der Firma W. C. Heraeus in Hanau gehörigen Drahtvorräten entstammten; 65 Stück waren den Vorräten der Firma G. Siebert in Hanau entnommen, die übrigen einzeln eingesandt worden. Die für einen Temperaturbereich von — 200° bis + 650° geprüften Thermoelemente aus Drähten von Konstantan und Silber oder Kupfer oder Eisen sind fast sämtlich den von der Firma Siemens & Halske A.-G. in Berlin, Wernerwerk, eingereichten Drahtvorräten entnommen.

Bei der Verwendung der Konstantan-Kupfer- bezw. -Eisen-Elemente in der technischen Praxis hatte sich der Übelstand gezeigt, daß die Kupfer- und Eisendrähte namentlich in Temperaturen über 500° infolge der Oxydation zu schnell unbrauchbar wurden. Es wurden deshalb auf Anregung von Siemens & Halske Versuche angestellt, diese Materialien durch reines Silber zu ersetzen. Nach den bisherigen Erfahrungen haben sich die Elemente aus Konstantan- und Silberdraht selbst bei wiederholten Erhitzungen auf 650° gut bewährt. Die Thermokraft ist ungefähr die gleiche wie bei den Konstantan-Kupfer-Elementen.

Das im vorigen Tätigkeitsbericht erwähnte selbstregistrierende Zeigergalvanometer mit hoher Empfindlichkeit, welches von der Firma Siemens & Halske gebaut ist, wurde außer zu Schmelzpunktsbestimmungen noch wiederholt zu thermochemischen Versuchen benutzt, bei welchen es sich vorzüglich bewährte. Bei Gelegenheit solcher Versuche, welche in erster Linie die Brauchbarkeit des Instruments erproben sollten, gelang es, eine bis dahin noch nicht beobachtete Anomalie im flüssigen Schwefel (bei 160°) aufzufinden. Die auf diese Erscheinung bezüglichen experimentellen Untersuchungen sind veröffentlicht worden (Anh. Nr. 38). Auch über die chemischen Fragen, welche sich an diese Beobachtung anschließen, liegt eine Veröffentlichung vor (Anh. Nr. 39). Das Registriergalvanometer leistete ferner gute Dienste bei der vom chemischen Laboratorium ausgeführten Untersuchung der Umwandlungserscheinungen bei der Jodsäure.

b) Optische Pyrometer[2].

Während die Zahl der zur Prüfung (von der Firma Dr. R. Hase in Hannover) eingereichten optischen Pyrometer nach Wanner erheblich zugenommen hat (34 Pyrometer + 12 Rauchgläser gegen 12 Pyrometer + 3 Rauchgläser des Vorjahres), sind diesmal andere optische Pyrometer nicht eingereicht worden.

Die laufenden Prüfungen der Wanner-Pyrometer sowie ständige Messungen an einem hierzu von Hrn. Dr. R. Hase zur Verfügung gestellten Instrument gaben Gelegenheit, die bei diesen Pyrometern auftretenden Fehlerquellen genauer zu untersuchen und bei der Ausführung der Prüfungen zu berücksichtigen. Ein genaueres Wanner-Pyrometer, welches für die Zwecke der Reichsanstalt dienen soll, ist der Firma Dr. R. Hase in Hannover in Auftrag gegeben. Zur Prüfung der optischen Pyrometer wurde zu den beiden vorhandenen noch ein dritter „schwarzer Körper“ (nach Lummer-Pringsheim) beschafft, und alle drei Körper wurden wiederholt auf thermoelektrischem und optischem Wege miteinander verglichen. Zur Heizung dieser Körper dient Wechselstrom von niedriger Spannung, der durch Transformation erhalten wird. Der hierzu notwendige 4 Kilowatt-Transformator wurde in der Werkstatt der Reichsanstalt gebaut.

[1]) Lindeck, Rothe, Hoffmann.
[2]) Brodhun, Rothe, Hoffmann.

Bei der Untersuchung eines zur Prüfung eingereichten Präzisions-Platinthermometers wurde eine Reihe von Beobachtungen über die mit solchen Instrumenten erreichbare Meßgenauigkeit bei wohldefinierten Temperaturen (bei 0°, 100° und insbesondere beim Schwefelsiedepunkt) angestellt. Es wurden 11 Schwefelsiedepunktsbestimmungen in dem früher beschriebenen Apparat (*diese Zeitschr.* **23.** *S. 364. 1903*) mit dem von O. Wolff in Berlin angefertigten Instrument ausgeführt, welche bei Beobachtung der nötigen Vorsichtsmaßregeln eine Übereinstimmung bis auf ± 0,02° zeigten, sodaß der Mittelwert auf einige Tausendstel Grad als relativ sicher anzunehmen ist. *c) Platinthermometer*[1].

Von den sonstigen pyrometrischen Untersuchungen ist besonders ein Antrag des Vereins Deutscher Fabriken feuerfester Produkte zu erwähnen, die in der Keramik gebräuchlichen „Seger-Kegel" einer Prüfung zu unterziehen. Die Erweichungspunkte dieser in verschiedener Weise aus keramischen Rohmaterialien zusammengesetzten kleinen Pyramiden (Brennspitzen) dienen als Anhalt für die Höhe der Temperatur bezw. für den Garbrand keramischer Produkte. Zur Orientierung in dieser Frage wurden bei der Firma W. C. Heraeus in Hanau Vorversuche mit Seger-Kegeln bei hohen Temperaturen angestellt[2]), unter Benutzung eines im Laboratorium der genannten Firma vorhandenen elektrischen Ofens (Iridiumrohr), welcher die erforderlichen hohen Temperaturen liefert und bereits zu ähnlichen Untersuchungen gedient hatte. *d) Andere pyrometrische Untersuchungen.*

Die Abt. II der Reichsanstalt hat inzwischen einen derartigen Ofen käuflich erworben, welcher jedoch noch nicht in Benutzung genommen werden konnte, da die elektrischen Hülfseinrichtungen z. T. noch fehlen. Die Vorversuche haben es wahrscheinlich gemacht, daß man auf die Heizgeschwindigkeit, mit welcher die Seger-Kegel erwärmt werden, wird Rücksicht zu nehmen haben. Die Temperaturmessung wird, da auch Temperaturen über dem Platinschmelzpunkt in Frage kommen, teilweise durch die von der Firma W. C. Heraeus hergestellten Thermoelemente aus Iridium gegen Iridium-Ruthenium, teilweise auf optischem Wege erfolgen. Gleichzeitig mit den Versuchen im Laboratorium sollen Versuche in keramischen Öfen technischer Betriebe ausgeführt werden.

Die Prüfung zweier von der Firma Ludwig Tesdorpf in Stuttgart eingereichter Universal-Indikatoren gab Gelegenheit, der Frage nach der Proportionalität der Schreibzeuge bei Indikatoren näher zu treten. Den Tesdorpfschen Indikatoren war nämlich eine kleine Vorrichtung zur Prüfung dieser Fehlerquelle beigegeben. Die Vorrichtung bestand aus einem Nonius, der an der Kolbenstange befestigt wird und an einer Millimeter-Skale gleitet, die ihre Befestigung am Gestell des Schreibzeugs findet. Die Einstellungen auf der Millimeter-Skale werden in einem dem Übersetzungsverhältnis entsprechend vergrößerten Maßstabe auf die Papiertrommel übertragen und dort als Striche markiert, an deren Entfernungen von der Null-Linie die Proportionalität des Schreibwerks geprüft werden kann. *6. Indikatoren*[3]).

Diese Vorrichtung leidet unter dem Übelstand, daß kleine Unrichtigkeiten der Einstellung des Kolbens auf den Schreibstift vergrößert übertragen werden. Bei den Versuchen der Reichsanstalt ist deshalb die an sich recht handliche Vorrichtung Tesdorpfs dadurch noch vervollkommnet worden, daß statt des Ziehens der Striche auf dem Diagrammpapier eine zweite Millimeter-Skale angewendet wurde, welche an der Trommel befestigt ist. Auf die passend ausgewählten Striche wurde die Spitze des Schreibstifts unter Benutzung einer Lupe eingestellt und die zugehörige Stellung des Nonius an seiner Skale abgelesen.

In dieser Form eignet sich die Vorrichtung auch für die Prüfung der Schreibzeuge anderer als Tesdorpfscher Indikatoren. Es sind damit an 10 neueren und 2 älteren, von dem Stuttgarter Maschinen-Laboratorium zur Verfügung gestellten Indikatoren Untersuchungen über die Proportionalität des Schreibwerks ausgeführt. Bei den älteren Indikatoren steigen die gefundenen Abweichungen von der Proportionalität bis 1,1 *mm*, während sie bei den neueren weniger betragen und bei einigen sogar so gering sind, daß sie sich

[1]) Rothe, Hoffmann.
[2]) Rothe.
[3]) Wiebe, Schwirkus, Leman.

nur noch mit den beschriebenen verfeinerten Hülfsmitteln mit Zuverlässigkeit feststellen lassen dürften.

Über diese Ergebnisse und ihre Anwendung auf die Resultate der Federprüfung ist eine Veröffentlichung vorbereitet.

Am 8. Dezember fand unter dem Vorsitz des Hrn. Baudirektors von Bach eine Sitzung des Indikatorfeder-Ausschusses statt, bei der die Reichsanstalt durch die Mitglieder Wiebe und Leman vertreten war. Die Beschlüsse der Sitzung sind in einheitlichen Bestimmungen über die Feststellung der Maßstäbe für Indikatorfedern niedergelegt und sollen für alle mit Indikatorfeder-Prüfungen betrauten Stellen sowie möglichst auch für die Privat-Ingenieure als Prüfungsnormen maßgebend sein.

Für die Angaben über die Leistung von Dampfmaschinen, Gasmotoren und ähnlichen Kraftmaschinen wird die Durchführung dieser Bestimmung von weittragender Bedeutung sein.

(Schluß folgt.)

Referate.

Über eine topographische Karte eines ausgedehnten Gebiets, die in sehr kurzer Zeit photogrammetrisch aufgenommen wurde.

Von A. Laussedat. *Compt. rend.* ***140.*** *S. 413. 1905.*

Der unermüdliche Vorkämpfer der Phototopographie legte der Pariser Akademie eine Karte aus der Umgegend von Kapstadt, nebst den photographischen Ansichten, aus denen sie konstruiert wurde, vor, sowie die Abbildungen eines neuen phototopographischen oder allgemeiner photogrammetrischen Apparats, der nach den Ideen von Fourcade durch Troughton & Simms in London gebaut wurde. Dieses Instrument für die Parallaxen-Photogrammetrie ist dem Pulfrichschen Stereokomparator ähnlich. Näheres soll demnächst durch Fourcade veröffentlicht werden, und es wird also bald weiter über das Instrument berichtet werden können.

Die weitere Mitteilung von Laussedat bezieht sich auf die phototopographische Aufnahme des Argäus-Gebirgs in Kappadozien, die Dr. A. Penther aus Wien im Juni und Juli 1902 ausgeführt hat mit Benutzung der alten Methode des phototopographischen Vorwärtseinschneidens, „der einfachsten und zugleich allgemeinsten". Die Karte nach dieser Aufnahme ist im Maßstab 1 : 80000 gezeichnet und umfaßt ein Gebiet von 600 bis 700 *km*². Das vulkanische Gebirge erhebt sich aus einer Ebene mit 1100 bis 1200 *m* Meereshöhe zur Gipfelhöhe von über 3900 *m*. Die Messungsinstrumente waren eine einfache Kamera mit 211,5 *mm* Brennweite des Objektivs, das ein Feld von etwa 30° umfaßt, ferner ein kleiner Theodolit, an dem horizontale Richtungen auf 15", Vertikalwinkel auf 20" abgelesen werden konnten, ein Meßband von 30 *m*, zwei Bussolen, die aber selten brauchbar waren wegen Ablenkung der Magnetnadel durch den Gesteinsmagnetismus, ein Aneroid, zwei Siedethermometer und zwei gewöhnliche Thermometer. Der ganzen Aufnahme wurde eine rund 1200 *m* lange Basis südlich von Cäsarea zugrunde gelegt; von geeigneten Standpunkten aus sind Horizontal- und Höhenwinkel nach allen bemerkenswerten Punkten gemessen worden, ohne daß diese Punkte zuerst durch Steinpyramiden oder ähnlich hätten bezeichnet werden können; unter ihnen befinden sich aber selbstverständlich die phototopographischen Standpunkte. Bei der Rückkehr nach Wien sind die aus den angedeuteten Theodolitmessungen sich ergebenden Dreiecke zunächst graphisch aufgetragen worden mit einem 30 *cm*-Strahlenzieher; das so hergestellte Netz umfaßt die 30 phototopographischen Standpunkte und 366 weitere Punkte. Photographische Aufnahmen sind 271 gemacht, angesichts der großen Ausdehnung des Gebiets eine sehr geringe Zahl. Die Rekonstruktion von Grund- und Aufriß (Höhenlinien) aus den Photographien ist von J. Tschamler in der technischen Abteilung des Militärgeographischen Instituts Wien (Vorstand Oberst Baron Hübl) ausgeführt worden. Der Verf. schließt mit Angabe einiger Literatur über sonstige neuere Anwendungen der Phototopographie.

Hammer.

Eine Erweiterung des Böhlerschen Basismeßverfahrens.

Von Kap.-Leutn. Kurtz. *Mitt. aus d. deutschen Schutzgebieten* ***18.*** *S. 162. 1905.*

In diesem Nachtrag zu dem in *dieser Zeitschr.* ***26.*** *S. 88. 1906* besprochenen Böhlerschen Aufsatz zeigt der Verf., wie er durch Aufgeben der für Küstenvermessungen unnötig hohen Genauigkeit des Böhlerschen Verfahrens, die „langwierige und eintönige“ Feldarbeit bedingt, ein bequemeres Verfahren ausgebildet hat, das er Doppelrhomben-Verfahren nennt. Eine nach der Böhlerschen Messungsweise bestimmte Strecke von 40 *m* Länge, deren Endpunkte durch Theodolitstative bezeichnet sind, dient als Querstrecke in einem größern Rhombus, dessen lange Diagonale, etwa 400 *m*, durch Böhlersche Winkelmessung ermittelt wird. Die Länge der ganzen Basis wird in der Böhlerschen Art aus solchen 400 *m*-Strecken berechnet, die nach Bedarf mit 40 *m*-Strecken kombiniert werden. Das Instrumentarium umfaßt außer dem Böhlerschen noch Zielscheiben in zwei Größen, die auf Dreifüßen mit Dosenlibelle und Zentrierkugel um ihre Vertikalachse drehbar sind, auf die Theodolitstative passen und bei den hier in Betracht kommenden Entfernungen von 200 *m* und 400 *m* an die Stelle der Böhlerschen Zielstifte treten. Diese zweierlei Zielscheiben, von Th. Rosenberg in Berlin hergestellt, waren $7^1/_2$ und 15 *cm* hoch, hatten in der Mitte ein schwarzes Feld von 3 und 6 *cm* Breite und daneben weiße Bänder von je 1 *cm* und 2 *cm* Breite, sodaß bei 43″ Abstand der zwei Vertikalfäden im Okular des Theodolits die Einstellung auf 200 und 400 *m* sehr scharf gemacht werden konnte.

An einem Beispiel, in dem an vier sich folgende Böhlersche 40 *m*-Strecken eine fünfte 400 *m*-Strecke angehängt wurde, erhielt der Verf. aus drei Messungen an drei Tagen des März 1905 Basislängen von 540,150; 540,183; 540,174 *m*, wobei zu bemerken ist, daß die erste Messung kaum brauchbar erschien; nimmt man hierauf keine Rücksicht, so kommt der einzelnen Messung der m. F. ± 17 *mm*, dem Durchschnitt der drei Messungen also der m. F. ± 10 *mm* zu, und es wäre hiernach die Basisstrecke von 1 *km* durch einmalige Messung mit dem m. F. von etwa ± 23 *mm* zu bestimmen. Der Vorzug des neuen Verfahrens gegen das Böhlersche liegt in seiner größeren Geschwindigkeit; nach Böhler wurden bei den Versuchsmessungen bei Holtenau in der Stunde höchstens 70 *m* erreicht, nach dem kombinierten Kurtzschen Verfahren 140 *m*; um 400 *m* Basis zu messen, braucht man nach Böhler in 11 Aufstellungen 60 Richtungen, bei der Doppelrhomben-Messung in vier Aufstellungen 12 Richtungen. Dafür ist das Böhlersche Verfahren gegen Geländeschwierigkeiten viel schmiegsamer, verlangt auch weniger ruhige Luft als die Doppelrhomben-Messung. Böhler selbst äußert sich in einem Nachtrag zu der Kurtzschen Abhandlung dahin, man dürfe vor allem die viel größere *Genauigkeit* seines Verfahrens gegenüber dem Kurtzschen bei der Vergleichung beider nicht außer acht lassen. *Hammer.*

Der Vollkreistransporteur.

Von C. Walter. *Nach einem Prospekt.*

Dieses Instrument (D.R.G.M. Nr. 19536) zum Kartieren nach Polarkoordinaten (bei der Tachymetrie, bei kartographischen Aufgaben u. s. f.) des Feldmessers C. Walter in Plauen i. V. wäre es in der Tat wohl wert, daß eine der größeren feinmechanischen Werkstätten sich der Ausführung annähme. Es unterscheidet sich von den bekannten Konstruktionen besonders durch die Drehbarkeit des Teilkreises und die Auswechselbarkeit des Vektor-Lineals (sodaß man sich für beliebig viele Maßstäbe ausrüsten kann), endlich zweckmäßige Justiervorrichtungen. Der Vollkreistransporteur besteht vollständig aus Metall; die quadratische Grundplatte hat rund 60 *cm* Seitenlänge. Das Instrument soll lediglich durch sein Gewicht (etwa 5 *kg*) in der augenblicklich notwendigen Lage festgehalten werden. Der eigentliche Teilkreis hat 46 *cm* Durchmesser, sodaß die Teilung leicht bis auf $^1/_6{}^0$ a. T. gehen und der Nonius des innersten drehbaren Rings für $^1/_3{}'$ o. dgl. eingerichtet werden kann.

Einer weitern Verbreitung wird nur der hohe Preis im Weg stehen: der Vollkreistransporteur wird kaum unter 200 M. hergestellt werden können; das Nagel-Heydesche Instrument mit ähnlicher Bestimmung und mit etwa 30 *cm* Durchmesser kostet rund 160 M.

Hammer.

Libellenneigungsmesser.

Von Wimmer und Kracke. *Zeitschr. f. Vermess.* **34.** *S. 537, 545. 1905.*

Die Verf. beschreiben ein einfaches Instrument zur Ablesung der Rednktion geneigt liegender Meßlatten auf den Horizont, das sich bei Messungen im Land- und Stadtkreis Hagen i. W. und sonst bereits erprobt habe. Mit andern Gradbögen dieser Art scheint dem Ref. dieses Instrumentchen die zu kurze Aufsetzstrecke zu teilen. Die von den Verf. angeführten Messungsergebnisse sind freilich sehr gut. Der Neigungsmesser wird von E. Sprenger in Berlin hergestellt. *Hammer.*

Rechenapparat mit logarithmischen, kreisförmigen Skalen zur Berechnung des Querschnittes und Spannungs- bezw. Effektverlustes elektrischer Leitungen.

Der von K. Linsel in Hannover angegebene Apparat ermöglicht nach Einstellung zweier Zeiger auf je einer festen Skale derart, daß der eine die Leitungslänge in Meter, der andere die Belastung in Ampere angibt, ohne weiteres an zwei mit den genannten Zeigern verbundenen beweglichen Skalen zu einem beliebigen Leitungsquerschnitt den zugehörigen Spannungsabfall bezw. Effektverlust abzulesen.

Die Arbeitsweise des Apparates gründet sich auf die Eigenschaft gleicher, aber in bezug auf die Teilung gegenläufiger und gegen einander verschiebbarer logarithmischer Skalen, ein Produkt beliebig in zwei Faktoren zu zerlegen: zwei zusammenfallende Teilstriche der beiden Skalen bilden das Produkt, dessen Wert durch den Anfang der beweglichen Skale an der festen angezeigt wird.

Handelt es sich, z. B. wie in einem der Anwendungsfälle des Apparates, um die Berechnung des Spannungsabfalles von d Volt in elektrischen Leitungen verschiedener Querschnitte von q mm^2, so stehen diese beiden Größen in der bekannten Beziehung

$$d = i\sigma l/q$$

oder

$$dq = \sigma i l,$$

wo σ den spezifischen Leitungswiderstand, i die Stromstärke in Amp., l die Leitungslänge in Meter bedeuten. Kennt man also das Produkt $\sigma i l$, so ist damit sofort nach obigem die Zerlegung desselben in beliebig viele Faktorenpaare d und q gegeben.

Um nun die Bildung des Produkts $\sigma i l$ mit demselben Apparat zu besorgen wie die Zerlegung, ist die Anordnung von vier logarithmischen, im Falle obigen Apparates kreisförmigen Skalen notwendig. Zum besseren Verständnis seien sie zunächst als geradlinig vorausgesetzt: zwei der Skalen, je einzeln den Logarithmen von 1 bis 100 entsprechend, sind fest in einer Geraden liegend zu denken, und zwar von entgegengesetzter Teilungsrichtung; daran entlang verschiebbar sind zwei andere Skalen, welche in Größe und Teilungsrichtung je einer der oberen festen entsprechen. Sie sind also gegen die beiden festen Skalen und gegen einander verschiebbar. Zur Einstellung sind diese beweglichen Skalen an den Teilstrichen 100 je mit einem Zeiger versehen, die beide auf der festen Skale schleifen. Zwei zusammenfallende Teilstriche der beweglichen Skalen stellen dann jeweils verschiedene Faktoren jenes Produktes dar, dessen zwei Faktoren durch die beiden Zeiger an den festen Skalen angegeben werden. Damit ist ein Produkt durch Einstellung seiner beiden Faktoren unmittelbar und beliebig oft in zwei andere Faktoren zerlegt.

Damit nun aber auch Produkte von drei Faktoren in dieser Weise zerlegt werden können, sind auf einer der beweglichen Skalen vom Teilstriche 100 aus die Logarithmen des überzähligen Faktors in der Teilungsrichtung aufgetragen, gleichzeitig ist der Zeiger jener Skale verschiebbar angeordnet, sodaß er auf diese Teilstriche eingestellt und dort festgehalten werden kann. Man erhält dann unmittelbar nach entsprechender Einstellung beider Zeiger auf der festen Skale, wie oben, die Zerlegung eines Produkts aus drei Faktoren in zwei beliebige andere.

Im Interesse größerer Handlichkeit und Übersichtlichkeit sind bei dem Linseischen Apparat (vgl. die Figur) die Skalen in Kreisform angeordnet: außen auf einem festgelagerten Kreisring die beiden festen Skalen, weiter innen konzentrisch dazu die beiden beweglichen, die eine auf einem Kreisring, die innerste auf einer Kreisscheibe. Dabei ist die Bewertung der Teilstriche der beiden äußeren und der inneren Skale, auf welcher die Logarithmen der in mm^2 ausgedrückten Querschnitte aufgetragen sind, gleich, während bei der dazwischenliegenden, deren Teilstriche Volt bezw. Prozente Effektverlust bedeuten, dem Teilstriche 100 der andern hier der Wert 1 entspricht; beide Skalen sind dann noch den praktischen Bedürfnissen entsprechend über den Punkt 1 bezw. 100 hinaus verlängert. Die Hülfsskale ist auf der innersten Scheibe aufgetragen und deshalb der zu dieser Scheibe gehörige Zeiger über seinen Drehpunkt hinaus verlängert, sodaß er einerseits mittels Stellbrücke und Schraube auf der Hülfsskale, andererseits auf den festen Skalen eingestellt werden kann.



In einer dem Apparat beigegebenen einfachen Gebrauchsanweisung ist die Bedeutung der Teilstriche der Hülfsskale, im Ganzen 10 entsprechend zehn Anwendungsfällen, kurz angegeben; gleichzeitig sind diejenigen Größen bezeichnet, die durch die Zeigereinstellungen auf den beiden festen Skalen darzustellen sind; die beweglichen Skalen geben, wie gesagt, in jedem Fall Querschnitt und zugehörigen Spannungs- bezw. Effektverlust an.

Der Apparat dürfte in allen Fällen, in welchen es sich um häufige Berechnung des Spannungsabfalls bezw. Effektverlustes elektrischer Leitungen handelt von Vorteil sein, da er bei einfachster Handhabung unmittelbar die gesuchten Resultate liefert. Eine Verbesserung desselben dürfte vielleicht in der Richtung zu suchen sein, an Stelle der 10 Striche der Hülfsskale eine weitere logarithmische Teilung anzubringen und dadurch dem damit Rechnenden weder in der Zahl der Anwendungsfälle noch in der Wahl der Koeffizienten eine Beschränkung aufzuerlegen.

Stuttgart, im Januar 1906. *J. Herrmann.*

Das Elasmometer, ein neuer Interferenz-Elastizitätsapparat.

Von A. E. H. Tutton. *Zeitschr. f. Krystallogr. u. Miner.* **39.** *S. 321. 1904.*

Zur Bestimmung der Elastizität von durchsichtigen und undurchsichtigen Kristallen hat Verf. einen Apparat konstruiert, der besonders hinsichtlich seines Hauptteiles — des Elastizitätsapparates — von den bisherigen, den gleichen Zwecken dienenden Apparaten abweicht. Das Beobachtungsinstrument mit seinem Autokollimationsrohr und der mit dem Apparat verbundenen H-Röhre entspricht im wesentlichen dem bekannten Abbeschen Dilatometer (s. C. Pulfrich, *diese Zeitschr.* **13.** *S. 365, 401. 437. 1893*). Der *Elastizitätsapparat* (Fig. 1) setzt sich aus folgenden drei Hauptteilen zusammen

1. einer die zu biegende Platte tragenden Vorrichtung *I* mit den Schneiden, dem Interferenz-Dreifuß *i* und den erforderlichen Justiereinrichtungen für die zu untersuchende Platte,
2. einem in zwei zueinander senkrechten Richtungen mikrometrisch verschiebbaren Meß-Mikroskop *II*,
3. einer empfindlichen Wage *III* zur Biegung der Platte.

Alle diese Teile, einschließlich der Beleuchtungseinrichtung des in der Fig. 1 fortgelassenen Dilatometers, sind auf einer eisernen Grundplatte befestigt.

Die nähere Einrichtung der Schneiden, ihrer Lager und des Interferenz-Dreifußes veranschaulicht Fig. 2. In dem oberen Teil des eisernen Sockels *a* lassen sich durch die mit Rechts- und Linksgewinde versehene Schraube *g g* die beiden Schlitten *b b* symmetrisch, d. h. mit gleicher Geschwindigkeit voneinander und zueinander bewegen. Auf den Schlitten *b b* sind die Aufsätze *k* und k_1, ersterer fest, letzterer justierbar auf *b* befestigt. *k* und k_1 tragen die Schneiden *f f* (aus Platiniridium), gegen welche die Platte oder der Stab der zu untersuchenden Substanz *gedrückt* wird. Die Platte wird also bei dieser Konstruktion nicht auf die Schneiden aufgelegt, sondern von unten nach oben gedrückt, und zwar mittels einer am Ende des Wagebalkens *e* angebrachten Achatspitze *d*. Man beobachtet deshalb den Betrag der Biegung des Plattenzentrums von oben statt von unten. Um die beiden Schneiden

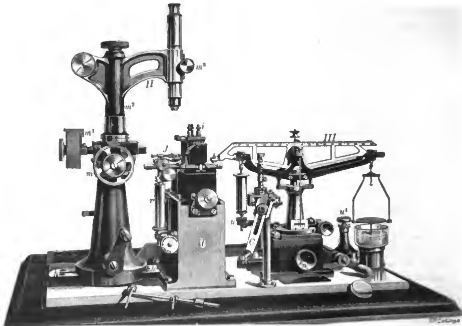


Fig. 1.

genau zu justieren, also parallel zu stellen und in eine Ebene zu bringen, ist der Träger k_1 mit den erforderlichen Justierschrauben *l* und *o* versehen; mit der Schraube *o*, um welche die azimutale Justierung geschieht, kann nach erfolgter Berichtigung der Träger k_1 festgezogen werden. Wie aus Fig. 2 ersichtlich, ragen die Schneiden *f f* in einen von ihren Trägern *k* und k_1 gebildeten freien Raum hinein, und in diesen freien Raum kann eine Hülfs-, bezw. Justiervorrichtung *J* (Fig. 1) eingeführt werden, die der Verf. als „mechanische Finger" bezeichnet. Diese Vorrichtung dient dazu, die Platte in richtiger Orientierung gegen ihre Anlageschneiden *f f* zu bringen. Sie besteht in der Hauptsache aus der die ganze Vorrichtung tragenden Vertikalbewegung *v* und einem in der Richtung des Wagebalkens verschiebbaren Schrauben-Schlitten; auf letzterem lassen sich nun senkrecht zu dessen Bewegungsrichtung zwei kleinere Schlitten durch eine gemeinsame Rechts- und Linksschraube verschieben, welche die Hülfsschneiden *q* (Fig. 2) aus Messing tragen. Der Abstand der letzteren kann also mit der Doppelschraube beliebig innerhalb der erforderlichen Grenzen variiert werden. Diese Hülfsschneiden, auf welche die zu untersuchende Platte gelegt wird,

sind ähnlich wie ein Spektrometertischchen mit Schrauben und Gegenfedern justierbar. Außerdem sind für die Justierung der langen Plattenkante (Format der Objektplatte etwa 10 × 20 *mm*) senkrecht zu den Schneiden ein Paar horizontalliegende Stellschrauben mit ebenen Endflächen, gegen welche die eine Plattenkante anliegt, angebracht. Endlich besitzt die Vorrichtung analog den letztgenannten beiden Schrauben noch zwei gleichartige Schrauben an den beiden Schmalseiten der Platte für die Längsjustierung der letzteren.

Die *Übertragung* des durch die Achatspitze d (Fig. 2) auf die Platte c von unten wirkenden *Gewichtsdruckes* der Wage kann bei diesem Apparat auf zwei Arten erfolgen. Die erste vom Verf. als „Transmissionsvorrichtung" bezeichnete Anordnung besteht aus einer runden Stange w mit dem im rechten Winkel gebogenen Teil x. Das Ende von x ist zu einer scharfen Spitze aus Platiniridium ausgebildet und dient dazu, auf der Mitte der Platte c aufzuliegen. Der kurze obere Fortsatz von x trägt durch die Schrauben $z\,z$ und $z_1\,z_1$ justier- und klemmbar eine gut plan polierte schwarze Glasplatte y. An der horizontalen Stange w sitzt eine Achatschneide y_1, welche auf dem in üblicher Weise justierbaren Achatlager v ruht. Das sanft verschiebbare Gegengewicht x_1 auf w äquilibriert den links der Schneide y_1

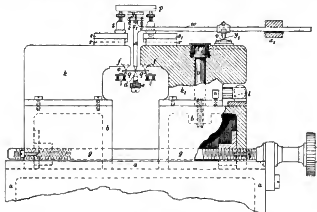


Fig. 2.

liegenden Teil von w. Die zweite Art der Druckübertragung ist wesentlich einfacher, erfüllt aber nach Angaben des Verf. ebenso gut wie die erstere alle Bedingungen. Sie besteht aus einer des geringen Gewichtes wegen aus Aluminium hergestellten vertikalen Stange, welche unten wie die andere Vorrichtung die Berührungsspitze und oben die justierbare schwarze Glasplatte trägt. Damit diese Stange keinerlei Seitenbewegung oder Abweichung von der Vertikalen erfahren kann, ist ihr oberer Teil vierkantig ausgebildet und gleitet gut passend in einer an dem Sockel k befestigten entsprechenden Hülse mit vierkantiger Öffnung.

Der *Interferenz-Dreifuß* besteht aus drei kleinen Stellschrauben t, von denen die eine auf dem kleinen Hülfsschlitten s und zwei auf dem Schlitten s_1 angebracht sind. Die Kulissen $r\,r$ der beiden festklemmbaren Schlitten s und s_1 sind auf k und k_1 befestigt. Die drei Stellschrauben t bilden die Unterstützung für die Glasplatte p, welche im vorliegenden Falle nach dem Vorgange von Abbe-Pulfrich schwach keilförmig ist (etwa 35′). Im Zentrum von p, und zwar an der Unterfläche, ist als Einstellungsmarke ein kleiner silberner Ring angebracht. Dieser muß bei allen Untersuchungen gut zentral über der schwarzen Glasplatte y liegen, denn nur in dieser Lage wird der Biegungsbetrag richtig angegeben.

Das *Meßmikroskop* (*II* in Fig. 1), welches zur Bestimmung der Plattenbreite und der wahren Plattenlänge, d. h. des Abstandes zwischen den Schneiden, dient, ist auf einer kräftigen Säule montiert. Es besitzt für alle erforderlichen Einstellungen folgende Verschiebungsmechanismen:

a) Horizontalverschiebung (durch Zahnrad und Trieb *h h*) des gesamten Unterbaues auf einem auf der eisernen Grundplatte befestigten Schlitten,
b) zwei zueinander senkrechte Mikrometerschlitten (*m* und m^1),
c) Drehung um eine vertikale Achse (m^2),
d) Scharfstellvorrichtung (m^3).

Diese beiden Mikrometerschlitten besitzen Schrauben mit 1 *mm* Steigung, ihre geteilten Trommeln geben das tausendstel Millimeter an. Jede Trommel ist mit elf gleich weit voneinander entfernten (2,5 *mm*), parallel den Zylinderenden aufgetragenen Kreislinien versehen; beide Endlinien sind so in 100 Teile geteilt, daß die Teilmarken auf beiden Kreisen sich, parallel der Schraubenachse verlängert gedacht, treffen würden. Nun sind von einer Teilmarke des einen Außenkreises zu der nächstfolgenden Teilmarke des anderen Außenkreises 100 parallele Linien gezogen, die also schräg über die Zylinderfläche der Trommel verlaufen und die zylindrische Oberfläche mit 1000 kleinen Parallelogrammen überdecken. Als Index dient eine auf Glas gezogene Linie mit den Zahlen 1 bis 10, deren Abstände mit den Kreislinien auf den Teiltrommeln koinzidieren[1]). Beide Mikrometerschlitten sind auch noch mit besonderen Einrichtungen zur Vermeidung des toten Ganges versehen. Jede Schraubenmutter besteht aus zwei durch eine kräftige Spiralfeder auseinander gepreßten Teilen. Die eigentliche, am Schlitten befestigte Mutter ist etwa $^3/_4$ ihrer Länge nach zylindrisch größer gebohrt (etwa doppelt so groß als der Durchmesser der Schraube), und in dieser Bohrung steckt, durch eine Schlitzführung orientiert, beweglich die zweite Mutter. Diese nimmt etwa $^1/_3$ der erweiterten, zylindrischen Bohrung in Anspruch, und zwischen der beweglichen und der festen Mutter befindet sich, lose die Schraube umfassend, die Spiralfeder. Das etwa 15-mal vergrößernde Mikroskop trägt als Einstellungsmarke in seiner Bildebene ein paralleles Fadenpaar.

Die *Wage* (*III* in Fig. 1), für 500 *g* Belastung und für den Gebrauch von Reitergewichten eingerichtet, ist auf einer durch Zahnrad und Trieb (Knopf *n*) beweglichen Basis montiert, um die Achatspitze *d* (die Druckspitze) am linken Balkenende unter die zu untersuchende Platte zu bringen. Zum Ausgleich der Wageschale an der rechten Seite dient eine mit Blei gefüllte, ganz nach Art der Wageschale links am Wagebalken aufgehängte Röhre. Um die Druckspitze *d* genau zentrisch unter die Platte *c* zu bringen, sind außer der Triebbewegung *n* zwei gegen das linke Balkenende wirkende, mit Teiltrommeln und Elfenbeinspitzen versehene Mikrometerschrauben an *k* und k_1 (Fig. 2) angebracht. Die Höhe der Wage (bezw. deren Schneiden) ist, solange die Wage arretiert ist, so angeordnet, daß die Druckspitze *d* etwa 1 *mm* unter der Ebene der Platiniridium-Schneiden *f f* liegt, also der Abstand zwischen *d* und *c* bei normaler Plattendicke nur einen Bruchteil eines Millimeter beträgt. Der Arretierungsrahmen erfordert nur ein minimales Heben, um die Wage spielen zu lassen; während der Biegung der Platte bleibt somit der Rahmen praktisch horizontal. *u* und u^1 sind Unterstützungspunkte für die Wageschale und ihr Gegengewicht; *u* ist fest und u^1 wegnehmbar angeordnet. Sofern bei belasteter Wage nicht vollkommene Ruhe im Laboratorium herrscht, wird die Beobachtung durch ein fortwährendes Zittern der Interferenzstreifen gestört. Diesem Übelstand wird dadurch abgeholfen, daß am unteren Teil der Wageschale, durch eine dünne Aluminiumstange mit ihr verbunden, eine Aluminiumscheibe angebracht ist, welche in ein Gefäß mit Zedernöl taucht. Die Belastungsgewichte (100, 200, 300, 400 und 500 *g*) tragen oben statt des gewöhnlichen runden Knöpfchens einen Haken, weil sie in gewissen Fällen nicht auf die Schale gelegt, sondern an einen über der Schale befindlichen Haken gehängt werden. Zur Kontrolle, ob das auf der Wageschale befindliche Gewicht dem Druck der Druckspitze gegen die Platte *c* entspricht, besitzt die Wage noch ein an die Druckspitze zu hängendes Schälchen zum Auflegen von Gewichten. Um das jeweilig anzuwendende Belastungsgewicht nur ganz allmählich und äußerst langsam wirken zu lassen, damit die

[1]) Nach Ansicht des Ref. wäre eine einfache, in 100 oder 200 Teile geteilte Trommel mit dem entsprechenden kurzen Nonius für $^1/_{1000}$ *mm* Ablesung nicht nur einfacher, sondern auch für den Beobachter bequemer und übersichtlicher.

Interferenzstreifen zur besseren Zählung genügend langsam die Einstellungsmarke des Okulars passieren, hat Verf. die Wage mit zwei Vorrichtungen, die er „Kontrollvorrichtungen" nennt, versehen. Die eine wirkt am linken (Fig. 1), die andere am rechten Ende der Wage, jede natürlich unabhängig von der anderen. Die linke Kontrollvorrichtung besteht aus einer in ungefähr der Mitte des Wagebalkens befestigten und nach oben gerichteten Spitze aus Platiniridium. Gegen diese Spitze legt sich eine Achatplatte, welche durch eine außerordentlich feine Schraubeneinrichtung mit Kurbelbewegung (*C* in Fig. 1) gehoben oder gesenkt werden kann. Der Übertragungsmechanismus ergibt z. B. für eine Bewegung der Kurbelhandhabe von etwa 6 *cm* eine Hebung oder Senkung von 0,00035 *mm* der auf der Platiniridiumspitze (Kontrollpunkt) ruhenden Achatplatte. Um den in etwa doppelter Entfernung vom Kontrollpunkt entfernten Druckpunkt *d* um 0,00035 *mm* zu bewegen, wären also 3 *cm* Drehung an der Kurbelhandhabe erforderlich. Da eine Dickenänderung der Luftschicht um eine halbe Wellenlänge 0,00033 *mm* für die angewandte Wasserstoff-Linie *C* dem Vorübergehen zweier Interferenzstreifen entspricht, so ist ersichtlich, daß die Kontrolle äußerst empfindlich ist und die Zählung der Streifen auf diese Weise sich leicht und sicher vollziehen läßt.

Die rechts befindliche Kontrollvorrichtung (in Fig. 1 und 2 nicht angegeben) wird beim Gebrauch am rechten Ende des Wagebalkens auf der eisernen Grundplatte aufgestellt. Sie besteht in der Hauptsache aus einer Unterstützungsvorrichtung für das Belastungsgewicht, welches bei dieser Kontrollmethode nicht auf die Wageschale gelegt, sondern an einem über der Schale befindlichen Haken aufgehängt wird. Der Unterstützer für das Gewicht ist nun ähnlich wie bei der erstgenannten Vorrichtung durch ein sehr feines Schraubwerk mit Schnur und Kurbelübertragung hoch- und tiefstellbar, wodurch man das Gewicht ebenfalls äußerst regelmäßig und langsam in Wirkung treten lassen kann, sodaß die Interferenzstreifen ganz langsam durch das Sehfeld des Beobachtungsrohres ziehen.

Über die Resultate einiger mit dem Apparat auszuführender Messungen stellt der Verf. eine weitere Mitteilung in Aussicht. *C. Leiss.*

Bestimmung von Lichtbrechungsverhältnissen mittels Interferenzstreifen im Spektrum.

Von S. R. Williams. *Phys. Rev.* **18.** *S. 280. 1904.*

Die Arbeit enthält eine Anwendung der Talbotschen Streifen. Das von *H* (Fig. 1) kommende Sonnenlicht wird mittels des Reflexionsprismas *P* auf den engen Spalt *S* geworfen, von dem die Linse *L* mit Hülfe des Prismas p_1 ein Bild erzeugt auf der ziemlich planparallelen Schicht *W* derjenigen Substanz, deren Brechungsverhältnisse bestimmt werden sollen. Die von *W* reflektierten Strahlen gelangen durch das Prisma p_2 auf das Rowlandsche Konkavgitter *G* (in Rowlandscher Anordnung), welches in *C* das Spektrum mit den Fraunhoferschen Linien entwirft. Bei dem Gitter von 10 *cm* Breite und 300 *cm* Brennweite kamen 5700 Striche auf 1 *cm*. Das Spektrum ist dann von dunklen, zu den Fraunhoferschen Linien parallelen Interferenzstreifen durchzogen, welche in bekannter Weise durch Reflexion an den Flächen von *W* entstehen.

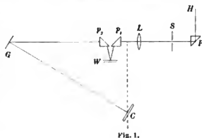


Fig. 1.

Für senkrecht zur Schicht *W* gerichtete Strahlen ist die Phasendifferenz

$$N\lambda = 2\mu D \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 1)$$

wo *N* die Ordnungszahl, λ die Wellenlänge in Luft, μ der Brechungskoeffizient der Schicht gegen Luft und *D* die Dicke der Schicht ist. Nun hat bereits Brace (*Phil. Mag.* **48.** *S. 345. 1899;* **1.** *S. 539. 1901*) gezeigt, daß sich *N* auch ohne Kenntnis von μ ermitteln läßt, wenn

man in folgender Weise verfährt. Die Schicht sei schwach keilförmig und lasse sich in Richtung des Keils, der senkrecht zum Lichtspalt liegt, sehr langsam verschieben. Man stellt die Schicht so ein, daß ein Streifen gerade auf die Fraunhofersche Linie von der Wellenlänge λ fällt; hierbei sei die vom Lichte durchsetzte Schichtdicke D'. Alsdann verschiebt man die Schicht unter Zählung der an der Linie λ vorüberwandernden Streifen, bis wieder ein Streifen genau auf die Linie λ fällt; die Dicke betrage jetzt D, und es seien m Streifen vorübergegangen. Dann gilt neben Gl. 1)

$$(N + m)\lambda = 2\mu D' \qquad 2)$$

Bei der Dicke D' mögen zwischen den Linien λ_1 und λ_2 sich o Streifenabstände befinden, bei der Dicke D dagegen r Streifen. Dann gelten die folgenden Gleichungen, in welchen die mit Indizes versehenen Buchstaben eine leicht ersichtliche Bedeutung haben:

$$N_1'\lambda_1 = 2\mu_1 D' \qquad 3)$$

$$(N_1' + o)\lambda_2 = 2\mu_2 D' \qquad 4)$$

$$N_1\lambda_1 = 2\mu_1 D \qquad 5)$$

$$(N_1 + r)\lambda_2 = 2\mu_2 D \qquad 6)$$

Setzt man noch

$$\frac{r}{o} = n \qquad 7)$$

so läßt sich aus den sieben Gleichungen leicht herleiten, daß

$$N = \frac{m\,n}{1 - n} \qquad 8)$$

wird. N kann also durch bloßes Abzählen von Streifen ermittelt werden. Natürlich kann man auch für λ und λ_1 dieselbe Linie benutzen.

Zur Bestimmung von μ geht der Verf. so vor. Bei einer Luftschicht von der Dicke D' mögen s Streifen zwischen den Linien λ und λ_2 liegen. Werden die für Luft geltenden N mit dem Index 0 versehen, so ist

$$N_0'\lambda = 2D' \qquad 9)$$

$$(N_0' + s)\lambda_2 = 2D' \qquad 10)$$

also N_0' berechenbar nach der Gleichung

$$N_0' = \frac{s\,\lambda_2}{\lambda - \lambda_2} \qquad 11)$$

Aus den Gl. 2) und 9) findet man

$$\mu = \frac{N + m}{N_0'} \qquad 12)$$

Kommt für λ einer Luftschicht D die Ordnungszahl N_0 zu, so wird

$$N_0 = \frac{N}{\mu} \qquad 13)$$

Mit Hülfe von N und N_0 läßt sich nun der Brechungsexponent μ_3 für eine beliebige Wellenlänge λ_3 ermitteln. Liegen v Streifen zwischen λ und λ_3 bei der Schichtdicke D, so ist nämlich

$$N_3 = N + v \qquad 14)$$

$$N_{03} = \frac{N_0\,\lambda}{\lambda_3} \qquad 15)$$

$$\mu_3 = \frac{N_3}{N_{03}} \qquad 16)$$

Die Herstellung der Schicht W für Flüssigkeiten ist aus Fig. 2 ersichtlich. Zwei Glasplatten von 6 *mm* Dicke und 3 *cm* × 13 *cm* Fläche werden mittels Klammern so gegen einen passend geschnittenen Korkstreifen von etwa 0,7 *mm* Dicke gedrückt, daß eine Zelle mit einem Keilwinkel von etwa 2′ entsteht. Der Teil $ABCD$ enthält Luft, der übrige Teil die zu prüfende Flüssigkeit. Hat der Lichtspalt die Lage ab, so sei die Dicke gleich D', welche für Luft und Flüssigkeit gleich groß ist. Nun werden die beiden genau über einander

liegenden Spektra photographiert. Hierauf wird die Zelle verschoben, wobei die Zahl m bestimmt wird, bis der Lichtspalt auf cd fällt, wo die Dicke gleich D sei, und das Spektrum wieder photographiert. Dann können aus den Photographien die Größen o, r, s und v entnommen werden. Somit sind alle Größen zur Berechnung von μ_3 bestimmt.

Um einerseits größere Helligkeit, andererseits gut dunkle Interferenzstreifen zu erhalten, war von den beiden die Schicht W (Fig. 1) begrenzenden Flächen der Glasplatten der Zelle die eine, welche den Prismen p_1 und p_2 zugekehrt ist, halbdurchlässig, die andere undurchsichtig versilbert. Die durch die Reflexion an den Silberflächen verursachte Phasenänderung von zusammen etwa ein viertel Wellenlänge konnte bei der vom Verf. erstrebten Genauigkeit unberücksichtigt bleiben, der bei der Bestimmung der Größen o, r, s und v nur ein Zehntel des Streifenabstandes schätzte. Hieraus und aus den gewählten Versuchsbedingungen ergibt sich aber nach Gl. 8), daß in den Brechungsindizes nur eine Genauigkeit von etwa fünf Einheiten der dritten Dezimale verbürgt werden kann.

Fig. 2.

So durfte auch der Fehler vernachlässigt werden, der dadurch entstand, daß die Strahlen die Schicht W nicht senkrecht trafen, sondern auf die Zelle unter einem Einfallswinkel von etwa 25′ auffielen. Allerdings ist der Gedankengang des Verf. bei der Berechnung dieses Fehlers unrichtig.

Es wurden sechs Flüssigkeiten, Wasser, Alkohol, Monobromnaphthalin, Kassiaöl, Benzol und Olivenöl, zwischen den Wellenlängen $B = 0{,}000687$ und $H = 0{,}000397$ *mm* geprüft. Reproduktionen der aufgenommenen Spektra sind der Arbeit beigefügt. Die Werte für m liegen zwischen 235 und 475. Beim Wasser war z. B.

$$\lambda = \lambda_1 = D_1 = 0{,}000590\ mm \qquad \lambda_2 = b_2 = 0{,}000517\ mm$$
$$m = 338 \qquad o = 374{,}7 \qquad r = 326{,}7 \qquad s = 276{,}6.$$

Bei geeignet gewählter Versuchsanordnung lassen sich auch Messungen an festen Körpern und doppelbrechenden Kristallen ausführen.

Für den Leser ist es wenig angenehm, daß der Verf. für ganz verschiedene Größen kurz hinter einander die gleichen Buchstabenbezeichnungen anwendet. *Schck.*

Der Gebrauch von Serpentin für Selbstinduktionsnormale.

Von E. B. Rosa und F. W. Grover. *Bull. of the Bureau of Standards* **3.** *S. 337. 1905.*

Die von Wien (*Wied. Ann.* **58.** *S. 553. 1896*) beschriebenen Normalrollen für Selbstinduktion sind auf Serpentin gewickelt. Dadurch ist es gekommen, daß auch die meisten Firmen, die heutzutage Selbstinduktionsnormale herstellen, Serpentinkerne anwenden.

Die Verf. haben nun nachgewiesen, daß der Serpentin eine schwach veränderliche Permeabilität besitzt, sodaß sich dies Material jedenfalls für *Normalrollen* nicht eignet. Macht man nämlich an den Serpentinrollen Messungen bei verschieden großen Stromstärken in den Rollen, so erhält man ungleiche Werte. Steigerte man z. B. die Spannung an der Brücke, in der die Messung ausgeführt wurde, von 25 auf 85 Volt, so wuchs der Wert einer Rolle von 1 Henry um 1 Promille; an einer Rolle auf Mahagoniholz war dagegen keine Veränderung ihrer Selbstinduktion nachzuweisen.

Wurde auf eine Mahagonirolle eine Serpentinrolle gelegt, die nicht mit in den Stromkreis eingeschaltet war, so wuchs der Wert der Mahagonirolle um 2,3 Promille; wurde dagegen die nicht eingeschaltete Mahagonirolle auf die zu messende Serpentinrolle gelegt, so erfuhr dadurch der Wert der Serpentinrolle keine Veränderung. Auch durch eine magnetometrische Untersuchung konnte die Magnetisierbarkeit des Serpentins nachgewiesen werden. Eine chemische Analyse ergab 0,6 % Eisen (hauptsächlich in Form von Magnetit).

Die Verf. empfehlen als geeigneteres Material Holz oder Marmor. Die seinerzeit in der Reichsanstalt angefertigten Normale sind ebenfalls auf Marmor gewickelt (vgl. *diese Zeitschr.* **20.** *S. 174. 1900;* **21.** *S. 142. 1901*). *E. O.*

Ein neues Magnetometer zur direkten Messung von Feldstärken mittels des Voltmeters (Induktionsrädchen).

Von K. T. Fischer. *Verhandl. d. Deutsch. physikal. Gesellsch.* **3.** *S. 434. 1905.*

Wenn ein Drahtelement dr mit der Geschwindigkeit v, entsprechend einer Tourenzahl n pro Sekunde, in einem homogenen Magnetfeld $\mathfrak{H}$ senkrecht zur Richtung der Kraftlinien rotiert, so wird an den Enden von dr eine elektromotorische Kraft $de = \mathfrak{H} \cdot r\, dr = \mathfrak{H} \cdot 2\pi n r\, dr$ hervorgerufen. Dies Element dr kann nun auch als Teil einer Kreisscheibe vom Radius R gedacht werden, welche um eine Achse vom Radius r_0 rotiert. Die Spannung zwischen der Achse und einem Peripheriepunkt der Scheibe ergibt sich dann durch Integration des obigen Ausdrucks zu $e = \mathfrak{H} \pi n (R^2 - r_0^2) \cdot 10^{-8}$ Volt; sie kann durch Schleifkontakte abgenommen und durch ein Kompensationsverfahren oder direkt mit einem geeigneten Galvanometer gemessen werden. Somit läßt sich mit einem derartigen Rädchen die Feldstärke $\mathfrak{H}$ eines Magnetfelds bestimmen. Die genaue Ausmessung der Dimensionen des Rädchens, R und r_0, bietet keine Schwierigkeit; schwerer ist es, die Umdrehungszahl n konstant zu halten, welche beträchtlich sein muß, da das Rädchen wegen der Inhomogenität der zu messenden Felder nur klein sein darf.

Der Verf. hat zunächst an einem einfachen Versuchsmodell die einzelnen Fehlerquellen sowie die Empfindlichkeit des Apparats studiert und den Bau desselben der Firma Hartmann & Braun A.-G. in Frankfurt a. M. übertragen, welche das Instrument in sehr handlicher Form liefert. Die Drehung des Rädchens wird durch ein Uhrwerk bewirkt, und zwar ist $n = 50$; die Tourenzahl hält sich innerhalb von 1% konstant; das Werk kann mittels eines Arretierungsknopfes leicht in Gang gebracht und abgestellt werden. Das Rädchen selbst ist, offenbar zur Vermeidung schädlicher Wirbelströme, aus Phosphorbronze gefertigt; für R wurde 1,596 *cm*, für $r_0 = 0,05$ *cm* gewählt, sodaß die von den Kraftlinien geschnittene ausgenutzte Fläche genau 8 *qcm* beträgt. Mit einem empfindlichen Spiegelgalvanometer kann man Felder bis zur Größe des Erdfeldes herab messen, mit einem Millivoltmeter wenigstens Felder von etwa 10 Gauß.

Als Vorzug vor der Methode, bei der die Feldstärke durch die Widerstandsänderung einer Wismutspirale gemessen wird, macht der Verf. die Tatsache geltend, daß sein Instrument keine empirische Konstante enthält, weniger zerbrechlich ist und nicht von der Temperatur abhängt. *Glch.*

Neu erschienene Bücher.

Ch. E. Curry, *Electromagnetic Theory of Light. Part. I.* 8°. 400 S. m. 42 Fig. London, Macmillan & Co. Ltd. 1905. Geb. in Leinw. 12,50 M.

Dem Vorwort zufolge will der Verf. in dem vorliegenden ersten Band die Theorie des Lichts auf Grund der ursprünglichen Maxwellschen Elektrodynamik bringen. Alle Gebiete, welche die Anwendung des Elektronenbegriffs erfordern, Dispersion, Zeemann-Effekt und verwandte Erscheinungen, bleiben also dem zweiten Teil vorbehalten. Da der Verf. ferner nur die grundlegenden Gesetze behandeln will, ohne auf theoretisch minder wichtige Gegenstände einzugehen, so ist es auch ganz berechtigt, daß er die geometrische Optik übergeht; nur daß er die Theorie der Leistungsfähigkeit optischer Instrumente, welche z. B. beim Mikroskop m. E. von prinzipieller Bedeutung ist, nicht erwähnt, scheint mir bedauerlich. Auch vermißt man bei der Kristalloptik die Theorie der Interferenzerscheinungen an Kristallplatten und einen Abschnitt über die Reflexion an absorbierenden Körpern, welcher doch auch wohl in den ersten Teil gehört hätte.

Durch diese Beschränkung ist natürlich für den behandelten Stoff viel Raum gewonnen. Der Verf. benutzt ihn erfreulicherweise u. a. dazu, um ein jedes Kapitel mit einer kurzen Übersicht über die Geschichte des Gegenstandes zu beginnen und es mit der Angabe einer großen Anzahl von Übungsaufgaben zu schließen. Auch die eingehende Würdigung der Sommerfeldschen Beugungstheorie verdient hervorgehoben zu werden. Sommerfelds Lösung wird zwar nicht abgeleitet, sondern nur nachträglich verifiziert; angesichts der umständlichen mathematischen Entwicklungen, welche eine Ableitung erfordert, erscheint dies Verfahren als das einzig richtige.

Sonst aber geht die Ausführlichkeit der Darstellung oft über das für ein optisches Lehrbuch wünschenswerte Maß hinaus. Der Platz, welchen z. B. das Problem der Reflexion und Brechung an der Grenze zweier kristallinischer Medien einnimmt, entspricht nicht seiner Bedeutung; und auch die Breite, mit welcher der Verf. in der Theorie der Kugelwellen diejenigen Glieder in den Ausdrücken für die Feldstärken behandelt, welche wie die Quadrate und höheren Potenzen der reziproken Entfernung vom Ausgangspunkt abnehmen, ist in einer Lichttheorie nicht recht am Platz; denn diese Glieder kommen ja (wie der Verf. übrigens selbst angibt) für die Energiestrahlung der Lichtquelle gar nicht in Frage. Trotzdem wird sogar ihr Verhalten bei der Interferenz, Beugung, Reflexion und Brechung diskutiert.

Die Einteilung des Buchs ist die folgende: In Kap. 1 werden die Maxwellschen Gleichungen angesetzt und ihre Lösung für die einfachsten Fälle gegeben; Kap. 2 behandelt die Kugelwellen, anfangs im Anschluß an den entsprechenden Abschnitt in den Vorlesungen von Helmholtz, dann aber weit ausführlicher; Kap. 3 und 4 bringen die Polarisation und die Interferenz des Lichts, Kap. 5 und 6 das Huyghenssche Prinzip und die Beugung, während Kap. 7 der Reflexion und Brechung an isotropen Dielektriken und Kap. 8 der Kristalloptik gewidmet ist. *M. Laue.*

F. Bidschof und **A. Vital,** Fünfstellige mathematische und astronomische Tafeln. Zum Gebrauche für Mathematiker, Astronomen, Geographen und Seeleute zusammengestellt und mit Formelsammlung versehen. Stereotyp-Ausgabe. Lex 8°. XVIII, 219 S. Wien und Leipzig, F. Deuticke 1905. Geb. in Leinw. 7,50 M.

Der italienischen Ausgabe ihres ähnlichen Tafelwerks (*Tavoli e prontuari per i calcoli di navigazione.* Ebenda 1903) lassen die Verf. hier eine deutsche Tafel mit abgeändertem Inhalt folgen. Es sind in dem Buch 59 Tafeln für numerische, besonders trigonometrische Rechnungen, nautische Rechnungen, nautisch-praktische und geodätisch-praktische Astronomie (z. B. ausführliche Besselsche Refraktionstafeln, Tafeln zur Reduktion von Zirkummeridian-Zenitdistanzen, zur Bestimmung der Breite aus Höhen von Polaris), endlich auch der praktischen Sternwarten-Astronomie und der theoretischen Astronomie vereinigt. Und über alle diese Gebiete erstreckt sich auch die kleine „Formelsammlung", sodaß das Werk sich sehr vielseitig brauchbar zeigen wird. Die Korrektheit kann der Ref. nur nach einer Anzahl Stichproben beurteilen; es hat sich dabei kein Anstand gezeigt. *Hammer.*

Müller-Pouillets Lehrbuch der Physik u. Meteorologie. 10., umgearb. u. verm. Aufl. Hrsg. v. Prof. L. Pfaundler unter Mitwirkg. v. O. Lummer, A. Wassmuth, J. M. Pernter u. a. In 4 Bdn. Mit üb. 3000 Abbildgn. u. Taf., z. Tl. in Farbendr. I. Bd. Mechanik u. Akustik v. L. Pfaundler. 2. Abtlg. Lex. 8°. XV—XVII, S. 503 a—d u. 545—802. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1906. 3,50 M. I. Bd. vollständig: 10,50 M.; geb. in Halbfrz. 12,50 M.

Th. Tapla, Grundzüge der niederen Geodäsie. III. Kartierung. gr. 8°. VII, 107 S. m. 14 lith. Taf. Wien, F. Deuticke 1906. 3,50 M.

A. Thomälen, Kurzes Lehrbuch der Elektrotechnik. 2., verb. Aufl. gr. 8°. VIII, 517 S. m. 287 Abbildgn. Berlin, J. Springer 1906. Geb. in Leinw. 12 M.

E. Weinschenk, Anleitung zum Gebrauch des Polarisationsmikroskops. 2., umgearb. u. verm. Aufl. gr. 8°. VIII. 147 S. m. 135 Fig. Freiburg i. B., Herder 1906. 4 M.; geb. in Leinw. 4,50 M.

K. Zickler, Lehrbuch der allgemeinen Elektrotechnik f. Studierende der Elektrotechnik an technischen Hochschulen u. Elektroingenieure. 1. Bd. Lex. 8°. VIII, 443 S. m. 338 Abbildgn. Wien, F. Deuticke 1906. 10 M.

H. Dölp, Grundzüge u. Aufgaben der Differential- u. Integralrechnung nebst Resultaten, neu bearb. v. Prof. Dr. Eug. Netto. 11. Aufl. 8°. IV, 216 S. Gießen, A. Töpelmann 1906. Geh. in Leinw. 1,80 M.

H. A. Lorentz, Lehrbuch der Physik. Zum Gebrauche bei akadem. Vorlesgn. Nach der 4. v. H. A. Lorentz u. L. H. Siertsema bearb. Aufl. u. unter Mitwirkg. des Verf. aus dem Holländischen übers. v. G. Siebert. gr. 8°. 1. Bd. V, 482 S. m. 236 Abbildgn. Leipzig, J. A. Barth 1906. 8 M.; geb. in Leinw. 9 M.

J. W. Mellor, Höhere Mathematik f. Studierende der Chemie u. Physik u. verwandter Wissensgebiete. In freier Bearbeitg. der 2. engl. Ausg. hrsg. v. A. Wogrinz u. A. Szarvassi. gr. 8°. XI, 412 S. m. 109 Fig. Berlin, J. Springer 1906. 8 M.

B. G. Teubners Sammlung v. Lehrbüchern auf dem Gebiete der mathematischen Wissenschaften m. Einschluß ihrer Anwendungen. gr. 8°. Leipzig, B. G. Teubner.

XIX. F. Pockels, Lehrbuch der Kristalloptik. X, 520 S. m. 168 Fig. im Text u. 6 Doppeltafeln. 1905. Geb. in Leinw. 16 M. — XX, 1. W. F. Osgood, Lehrbuch der Funktionentheorie. In 2 Bdn. 1. Bd., 1. Hälfte. 306 S. m. Fig. 1906. 7 M.

J. H. Poynting u. J. J. Thomson, *Textbook of Physics: Properties of Matter.* 3., durchges. Aufl. 8°. 256 S. m. Fig. London 1905. Geh. in Leinw. 10,80 M.

E. Rutherford, *Radio-Activity.* 2., durchges. u. verm. Aufl. 8°. Mit Fig. Cambridge 1905. Geb. in Leinw. 12,80 M.

H. C. Lord, *Elements of Geodetic Astronomy for Civil Engineers.* 8°. 150 S. m. Fig. Columbus, O. 1905. Geb. in Leinw. 7,50 M.

H. Hildebrandsson u. L. Teisserenc de Bort, *Les bases de la Météorologie Dynamique.* Lfg. 8. gr. 8°. S. 309—344 (des II. Bandes) m. 7 Taf. u. Fig. 2 M.

Lfg. 1, 2 u. 4—7: S. 1—184 (des I. Bds.) u. 1—308 (des II. Bds.) m. 89 zum Teil farb. Taf. u. Fig. 1898—1905. 14,60 M. — Lfg. 3 (Ende des I. Bds.) in Vorbereitung.

Verhandlungen der Gesellschaft deutscher Naturforscher u. Ärzte. 76. Versammlg. zu Breslau 18.—24. IX. 1904. Hrsg. im Auftrage des Vorstandes u. der Geschäftsführer v. Alb. Wangerin. II. Tl. 2 Hälften. Lex. 8°. Leipzig, F. C. W. Vogel.

II, 1. Naturwissenschaftliche Abteilungen. XII, 286 S. m. 11 Abbildgn. 1905. 6 M. — II, 2. Medizinische Abteilungen. XXII, 584 S. m. 3 Abbildgn. 1905. 12 M.

Jahrbuch d. Elektrochemie u. angewandten physikalischen Chemie. Begründet u. bis 1901 hrsg. v. Prof. Dr. W. Nernst u. Prof. Dr. W. Borchers. Berichte üb. die Fortschritte des J. 1904. Hrsg. v. Dr. H. Danneel. 11. Jahrg. gr. 8°. XIII, 937 S. m. Abbildgn. Halle, W. Knapp. 28 M.

Elektrotechnik in Einzeldarstellungen. Unter Mitwirkg. hervorragender Fachmänner hrsg. v. Dr. G. Benischke. 8°. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn.

7. E. Orlich, Aufnahme u. Analyse v. Wechselstromkurven. VIII, 117 S. m. 71 eingedr. Abbildgn. 1906. 3,50 M.; geb. 4 M.

H. M. Wilson, *Topographic Surveying.* 2., durchges. Aufl. 8°. XXX, 910 S. m. Taf. u. Fig. New York 1905. Geh. in Leinw. 17,50 M.

S. Demanet, *Notes de Physique expérimentale.* 2. Aufl. 4 Bde. 8°. 212, 161, 292 u. 196 S. m. Fig. Löwen 1905. 12 M.

J. J. Thomson, Elektrizitäts-Durchgang in Gasen. Deutsche autorisierte Ausg. unter Mitwirkg. des Autors besorgt u. ergänzt v. Dr. E. Marx. 2. u. 3. (Schluß-) Lfg. gr. 8°. VII u. S. 217—587 m. 133 Fig. Leipzig, B. G. Teubner 1906. Je 6 M.; vollständig geh. in Leinw. 19 M.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

XXVI. Jahrgang. **Juni 1906.** Sechstes Heft.

Über einen Kompensationsapparat mit kleinem Widerstand.

Von

H. Diesselhorst in Charlottenburg.

(Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.)

Der Apparat, der hier beschrieben werden soll, hat 12 Ohm Widerstand und besitzt fünf Kurbeldekaden oder drei Kurbeldekaden und einen 2 Dekaden ersetzenden Schleifdraht. Er ist von der Firma O. Wolff in Berlin ausgeführt.

Die Veranlassung zur Konstruktion war eine Arbeit über Wärmeleitung und elektrische Eigenschaften der Metalle, bei der eine Reihe von kleinen Potentialdifferenzen, z. T. mit ziemlicher Genauigkeit, schnell hinter einander gemessen werden mußte. Der große Widerstand der gebräuchlichen Kompensatoren setzte bei diesen Messungen die Empfindlichkeit zu sehr herab.

Da die Messung kleiner Potentialdifferenzen bei der zunehmenden Verwendung von Thermoelementen, Widerstandsthermometern und überhaupt bei Widerstandsvergleichungen immer häufiger erforderlich wird, und da in allen diesen Fällen der neue Apparat gute Dienste leisten kann, so soll hier eine gesonderte Beschreibung und zum Vergleich eine kurze Besprechung ähnlicher älterer Konstruktionen erfolgen.

Ältere Apparate.

Seitdem von Feußner[1]) der erste wirkliche, d. h. im Gebrauch bequeme und Rechnung sparende Kompensationsapparat konstruiert ist, sind vielfach ähnliche Apparate zunächst mit großem, in letzter Zeit aber auch nicht selten mit kleinem Widerstand angegeben. Die meisten beruhen wie der Feußnersche auf dem Prinzip, von einem Hauptstromkreis, dessen Widerstand und Stromstärke konstant bleibt, durch Abzweigen eine in kleinen Intervallen veränderliche Potentialdifferenz herzustellen, gegen welche die zu messende Spannung kompensiert wird. Baut man Apparate mit kleinem Widerstand, von denen hier allein die Rede sein soll, so ist auf den Einfluß der Kontaktwiderstände zu achten.

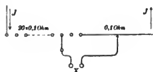


Fig. 1.

1. *Einfachste Form.* Die Kontaktwiderstände kommen überhaupt nicht in Frage, wenn man sich auf zwei verschiebbare Kontakte, entsprechend den beiden Abzweigstellen, beschränkt, wie das z. B. bei der Konstruktion von Lehfeldt[2]) geschieht. Hier sind 20 Widerstände von je 0,1 Ohm zwischen Kontaktklötzen, über

[1]) K. Feußner, *diese Zeitschr.* **10.** *S. 113. 1890.*

[2]) R. A. Lehfeldt, *Phil. Mag.* **5.** *S. 668. 1903;* Referat in *dieser Zeitschr.* **24.** *S. 62. 1904.*

welche die Abzweigkurbel gleitet, und ein Draht von 0,1 Ohm mit Schleifkontakt hinter einander geschaltet, wie Fig. 1 zeigt. Die Kontaktwiderstände gehen nur in den Ballastwiderstand des Galvanometers ein, aber die abgezweigte Potentialdifferenz hängt nicht von ihnen ab.

Für viele thermoelektrische Messungen wird der Apparat ausreichen. Doch ist es häufig wünschenswert, die abgezweigte Potentialdifferenz in einem größeren Bereich variieren zu können.

2. Das leistet bis zu einem gewissen Grade die Konstruktion von Harker[1]. Dieser schaltet 20 Widerstände von 0,1 Ohm und 11 Widerstände von 0,01 Ohm hinter einander (vgl. Fig. 2). Von der ersten Reihe geht ein einfacher Abzweigkontakt aus. Bei der zweiten Reihe wird durch einen Doppelkontakt ein Schleifdraht von 0,02 Ohm parallel zu zwei hinter einander liegenden Widerständen gelegt, entsprechend der von Varley[2]) angegebenen Methode. Bei dieser Abzweigung addiert sich der Kontaktwiderstand zum Widerstand des Schleifdrahtes und muß daher sehr klein und konstant sein. Ein Widerstand von 0,0002 Ohm, wie er etwa gut ausgeführten Kurbelkontakten entspricht[3]), würde bereits störend sein. Harker benutzt Quecksilbernäpfe für die Abzweigstellen.

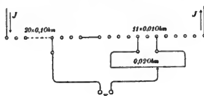


Fig. 2.

3. Einige Konstruktionen, die ursprünglich für großen Widerstand bestimmt sind, lassen sich auch mit kleinem Widerstand ausführen, z. B. die Apparate von Raps und Franke. Bei dem Apparat von Raps[4]) kann man z. B. die erste Dekade aus Widerständen von 1 Ohm bilden, die zweite aus neun Widerständen von je 1 Ohm parallel zu einer Einheit der ersten Dekade, entsprechend die dritte aus zehn Widerständen von 0,01 Ohm und die vierte aus neun ebensolchen parallel zu einer Einheit der dritten Dekade (vgl. Fig. 3).

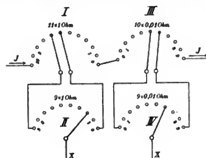


Fig. 3.

Der Kontaktwiderstand an der Doppelkurbel, welche die vierte Dekade von der dritten abzweigt, wie vorhin zu 0,0002 Ohm angenommen, beträgt dann den 50-sten Teil einer Einheit der vierten Dekade. Ebensogroß ist der Einfluß eines Kontaktes an der anderen Doppelkurbel. Eine fünfte Dekade wird bei dem eigentlichen Rapsschen Apparat zwischen der ersten und dritten Dekade eingeschoben, indem hier Widerstände durch einen Kurbelkontakt ein- oder ausgeschaltet werden (ohne Rücksicht auf die dadurch entstehende geringe Widerstandsänderung des Hauptstromkreises). In der Ausführung mit kleinem Widerstand ist das nicht mehr möglich, weil die Einheit dieser Dekade 0,0001 Ohm sein würde, also bereits kleiner als der Kontaktwiderstand.

[1]) J. A. Harker, *Phil. Mag.* **6.** *S. 41. 1903;* Referat in *dieser Zeitschr.* **24.** *S. 184. 1904.*
[2]) C. F. Varley, *Rep. of the Brit. Assoc.* **36.** *S. 14. 1866.*
[3]) Vgl. *diese Zeitschr.* **21.** *S. 231. 1901.*
[4]) A. Raps, *diese Zeitschr.* **15.** *S. 215. 1895; Elektrotechn. Zeitschr.* **16.** *S. 507. 1895.*

4. Franke[1]) gibt eine einfache Form und einen großen Apparat an. Die einfache Form ist dieselbe, welche Lehfeldt später (a. a. O.) mit kleinem Widerstand ausgeführt hat, und die bereits oben beschrieben ist. Der große Apparat beruht auf einer Wiederholung des Varleyschen Prinzips. Die Ausführung mit vier Dekaden für kleinen Widerstand würde etwa die in Fig. 4 skizzierte sein. Der Kontaktwiderstand an der Abzweigung der dritten Dekade von der zweiten, wie oben zu 0,0002 Ohm angesetzt, beträgt 1 % von der Einheit der dritten Dekade oder an Spannungswert den zehnten Teil von einer Einheit der vierten Dekade. Man erkennt hieraus, daß diese Schaltung für kleinen Widerstand erheblich ungünstiger ist als die Rapssche.

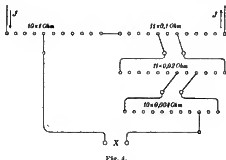


Fig. 4.

5. Eine auf anderem Prinzip beruhende Kompensationsanordnung für thermoelektrische Messungen ist von Lindeck[2]) angegeben. Die kompensierende Spannung wird hier (vgl. Fig. 5) von den Enden eines festen Widerstandes abgenommen (0,1 Ohm in der Figur), während die Stromstärke durch den Vorschaltwiderstand W geändert und mit einem Präzisionsamperemeter M gemessen wird. Die Anordnung läßt sich aus vielseitig verwendbaren Hülfsapparaten leicht zusammensetzen. Die Genauigkeitsgrenze ist die des Amperemeters. Sie läßt sich erweitern, allerdings auf Kosten der Einfachheit der Messung, wenn man die Stromstärke mit Normalwiderstand und gewöhnlichem Kompensationsapparat bestimmt.

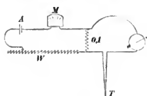


Fig. 5.

6. H. Hansrath[3]) hat vor kurzem einen Apparat angegeben, der ein neues Konstruktionselement einführt. Dies Grundelement ist in Fig. 6 skizziert. Es besteht aus zwei parallel geschalteten Widerstandsreihen L und R. Jede Reihe liegt einerseits an einer der Anschlußschienen U bezw. O und führt andrerseits durch einen verschiebbaren Kontakt K zu der zweiten Anschlußschiene. Die beiden Kontakte K sitzen an einem gemeinsamen Schlitten. Die Widerstände sind so abgeglichen, daß bei jeder Stellung des Schlittens zwischen den Zuleitungsschienen U und O der Widerstand 1 Ohm liegt. Die zur Seite geschriebenen Zahlen bedeuten die reziproken Werte des Widerstandes zwischen den betreffenden Kontaktklötzen und der Anschlußschiene, geben also zugleich den Bruchteil der Gesamtstromstärke, welcher bei der zugehörigen Schlittenstellung in dem betreffenden Zweige fließt, und damit auch die Spannung an dem festen Einheitswiderstande zwischen U und P bezw. O und R.

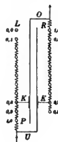


Fig. 6.

[1]) R. Franke, *Elektrotechn. Zeitschr.* **24.** *S. 978. 1903;* Referat in *dieser Zeitschr.* **24.** *S. 93. 1904.*
[2]) Beschrieben bei St. Lindeck und R. Rothe, *diese Zeitschr.* **19.** *S. 249. 1899;* **20.** *S. 293. 1900.*
[3]) H. Hausrath, *Ann. d. Physik* **17.** *S. 735. 1905;* Referat in *dieser Zeitschr.* **25.** *S. 353. 1905.*

Auf die Art, wie dies Grundelement zur Konstruktion eines Kompensationsapparates verwendet wird, brauchen wir hier nicht einzugehen. Man findet sie an den oben angeführten Stellen.

Für den Galvanometerkreis kommt der Einheitswiderstand, von welchem die variable Spannung abgezweigt wird, in Betracht. Ist dieser 10 Ohm, und steht der Kontakt K etwa auf 0,9 in R, so addiert sich der Kontaktwiderstand (0,0002 Ohm) zu 10/0,9, d. h. zu 11,1 Ohm, ändert also das Widerstandsverhältnis der beiden Zweige und damit die kompensierende elektromotorische Kraft um etwa $2 \cdot 10^{-5}$ des Betrages. Hierdurch ist eine Genauigkeitsgrenze gegeben. Eine andere rührt her von dem Einfluß eines in dem Apparat vom Hauptstrom durchflossenen Schleifkontaktes, der in der Originalabhandlung (*a. a. O.*) besprochen ist.

Neue Konstruktion.

Aus den anfangs erwähnten Gründen lag mir daran, durch eine fünfte Dekade eine weitere Unterteilung der Spannung zu erreichen, um dadurch nach Bedarf die Genauigkeitsgrenze einer einzelnen Messung oder den Veränderungsbereich der Spannung bei mehreren aufeinander folgenden Messungen zu erweitern. Von den oben erwähnten Schaltungen ist für kleinen Widerstand am günstigsten die nach Raps (Fig. 3). Daß man jedoch nicht eine fünfte Dekade in der bei der Ausführung mit großem Widerstand üblichen Art hinzufügen kann, ist schon gesagt. Wollte man die fünfte Dekade durch Wiederholung des Parallelschalt-Prinzips an die vierte gliedern, so würde der Kontaktwiderstand, der, wie oben angegeben, den 50-sten Teil der Einheit der vierten Dekade beträgt, bereits dem fünften Teil einer Einheit der fünften Dekade entsprechen. Dies gilt ebenso von dem Abzweigwiderstand von der ersten zur zweiten wie an dem von der dritten zur vierten Dekade.

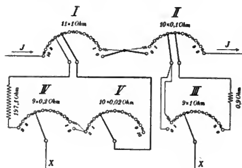


Fig. 7.

7. *Schaltung mit 5 Kurbeldekaden.* Mit einer gewissen Anlehnung an den Rapsschen Apparat kommt man durch die in Fig. 7 skizzierte Schaltung weiter. Die Figur ist, ebenso wie die vorhergehenden, nur schematisch. In der wirklichen Ausführung ist die räumliche Anordnung der Dekaden eine andere (vgl. Fig. 9) und der Drehsinn der Kurbeln überall der gleiche.

Der Strom J durchfließt 11 Widerstände von 1 Ohm und 10 Widerstände von 0,1 Ohm, die die beiden ersten Dekaden des Apparates bilden. Die dritte Dekade besteht aus 9 Widerständen von 1 Ohm und einem Zusatzwiderstand von 0,9 Ohm und liegt in Rapsscher Schaltung mittels Doppelkurbel parallel zur zweiten Dekade[1]. Die vierte Dekade besteht aus 9 Widerständen von 0,2 Ohm und die fünfte aus 10 Widerständen von 0,02 Ohm. Beide liegen mit einem Zusatzwiderstand von

[1]) Bei dem Apparat von Raps ist die Widerstandseinheit in der oberen und unteren Dekade dieselbe. Indessen gibt Raps bereits an, daß man in der unteren Dekade beliebig eine größere Einheit wählen kann und dann einen Zusatzwiderstand hinzufügen muß (*a. a. O.*).

197,1 Ohm in Serie und das Ganze mittels Doppelkurbel parallel zu einer Einheit der ersten Dekade. Bei der fünften Dekade wird durch die Kurbel ein Teil der Widerstände einfach abgeschaltet (vgl. unten). Die kompensierende Spannung wird von der dritten und vierten Dekade abgezweigt.

Die Größe des Zusatzwiderstandes ergibt sich auf folgende Weise. Die Spannung an einer Einheit der vierten Dekade muß der tausendste Teil der Spannung an einer Einheit der ersten sein. Das ist der Fall, wenn der Zusatzwiderstand so gewählt wird, daß der Gesamtwiderstand des durch die Parallelschaltung gebildeten Kreises, bestehend aus 9 Einheiten der vierten Dekade (= 1,8 Ohm), 0 bis 10 Einheiten der fünften Dekade (= 0 bis 0,2 Ohm), dem Zusatzwiderstand (= 197,1 Ohm) und einer Einheit der ersten Dekade (= 1 Ohm), 1000 Einheiten der vierten Dekade (= 200 Ohm) beträgt. Diese Bedingung ist in dem Schema der Fig. 7 zwar nur dann streng erfüllt, wenn die Kurbel der fünften Dekade auf 5 steht. Dreht man sie auf 0 oder 10, so wird der Gesamtwiderstand und damit der durch die vierte und fünfte Dekade fließende Strom um 0,1 auf 200, d. h. $^1/_{2000}$ geändert. Der von den beiden letzten Dekaden herrührende Teil der Spannung (im Maximum 100 Einheiten der letzten Dekade) kann also um diesen Betrag, d. h. um den 20-sten Teil einer Einheit der fünften Dekade fehlerhaft sein.

Bei den vier ersten Dekaden liegt die erste Widerstandseinheit nicht wie in Fig. 1 bis 4 direkt zwischen den Kontaktklötzen 0 und 1, sondern in der in Fig. 7 gezeichneten Weise. Dies ist erforderlich, weil sonst die Zuleitungen zu den Anfangskontakten, insbesondere die Verbindung zwischen der ersten und zweiten Dekade, einen schädlichen Nullwiderstand bilden würden. Werden bei der Anordnung der Fig. 7 sämtliche Kurbeln auf 0 gedreht, so liegt im Hauptstromkreis überhaupt kein Nullwiderstand. Die in den Abzweigungen als Nullwiderstand auftretenden Verbindungen, die teils fest sind, teils aus Kurbelkontakten bestehen, sind in der Figur stark gezeichnet. Außerdem ist noch die rechte Kurbel der zweiten Dekade stark gezeichnet, weil ihr Widerstand zwar nicht verschwindend klein, aber sehr konstant sein muß. Betrachten wir zunächst den Einfluß der Kurbelkontakte und setzen den Widerstand eines solchen wie früher mit 0,0002 Ohm an. In der dritten Dekade macht dies 0,0002 von einer Einheit der dritten, also 0,02 von einer Einheit der fünften Dekade. In der anderen Abzweigung (vierte und fünfte Dekade) sind zwei schädliche Kurbelkontakte, die zusammen den gleichen Einfluß von $^1/_{50}$ Einheit der fünften Dekade haben. Die festen Verbindungen können durch Anwendung dicker Kupferdrähte oder Schienen leicht kleiner als 0,0001 Ohm gemacht werden, sodaß ihr Einfluß beträchtlich geringer wird als der der Kurbelkontakte.

Fig. 8.

8. *Schaltung mit drei Kurbeln und einem Schleifdraht.* Die beiden letzten Dekaden lassen sich durch einen Draht mit Schleifkontakt ersetzen (Fig. 8). Der Draht wird zweckmäßig um eine Kreisscheibe gelegt und der Kontakt auf eine Kurbel gesetzt. Der geringe Fehler, welcher in der vorigen Anordnung beim Drehen der fünften Kurbel auftritt, fällt

dann ganz fort. Ferner enthält der schädliche Nullwiderstand im Schleifdrahtkreis nur einen Kurbelkontakt, sodaß man den Widerstand des Drahtes doppelt so klein wählen kann als den der vierten und fünften Dekade in der ersten Anordnung. Die Unsicherheit des Schleifkontaktes trifft natürlich nur den Ballastwiderstand des Galvanometers. Es erhöht die Bequemlichkeit der Anwendung, wenn die Länge des Drahtes etwas mehr beträgt, als einer Einheit der dritten Dekade entspricht, wie in Fig. 8 angenommen ist.

9. Die *Einrichtung des Apparates* ist aus dem Schaltungsschema in Fig. 11 ersichtlich, in welchem die durch Fig. 7 bezw. 8 dargestellte Anordnung, die ich der Kürze halber als Spannungsteiler bezeichnen will, durch einen Draht mit zwei Abzweigstellen angedeutet ist. Die Enden des Drahtes liegen an den Klemmen *B*. Von den Abzweigstellen führen Verbindungen zu den Klemmen *X*. In diese Verbindung kann durch den Umschalter *U* der Galvanometerzweig gelegt werden, welcher einen Unterbrecher, einen dreistufigen Vorschaltwiderstand (0, 1000, 100000 Ohm) und die zum Anlegen der Galvanometerleitung bestimmten Klemmen *G* enthält.



Fig. 9.

In der anderen Lage des Umschalters *U* ist die Verbindung nach *X* offen; der Galvanometerzweig liegt in der zu den Klemmen *Z* führenden Leitung und kann benutzt werden, um mit Normalelement und Hülfswiderstand den Kompensationsstrom abzugleichen.

Der Apparat besitzt also in dieser Ausführung die vier Klemmenpaare *B*, *X*, *G* und *Z*, ferner den Umschalter *U*, den Ballastwiderstand und Unterbrecher des Galvanometerkreises und endlich die fünf oder bei der Schleifdrahtausführung vier Kurbeln des Spannungsteilers. Den eigentlichen Unterschied gegen die sonst gebräuchlichen Apparate bildet die innere Einrichtung des Spannungsteilers. Außerdem ist noch ein mehr äußerlicher Unterschied in der Anordnung vorhanden. Anstatt der Klemmen *Z* besitzen die Kompensationsapparate gewöhnlich ein Klemmenpaar *N*, an welches die beiden Pole des Normalelementes gelegt werden. Der Widerstand, an dem das Normalelement kompensiert wird, liegt dann im Apparat selbst, während für den neuen Apparat hierzu ein besonderer Hülfswiderstand erforderlich ist. Die Gründe, welche zu dieser Änderung geführt haben, finden sich im Abschnitt 10. Sie gelten z. T. auch für Apparate mit großem Widerstand.

Fig. 9 ist die Abbildung eines von O. Wolff in Berlin angefertigten Apparates, in den noch einige Ergänzungsteile für besondere Zwecke aufgenommen sind. Der größte Teil des oberen Deckels mit den Knöpfen der Kurbeln und den Zahlenscheiben ist an den Handgriffen *H H* abhebbar. Die Kontaktstücke mit den Widerständen sitzen darunter an einer Hartgummiplatte in einem für Petroleumfüllung eingerichteten Messinggefäß, das von einem Holzkasten umgeben ist. Ein Turbinenrührer, dessen

Schnurscheibe *s* auf dem Deckel sichtbar ist, sorgt für Zirkulation des Petroleums. Die Petroleumfüllung, die nicht immer erforderlich ist, wurde zur Verminderung der Thermokräfte vorgesehen (vgl. Abschnitt 12). Auf dem festen Teil des Deckels sitzt ein Stöpselschalter ähnlich dem von Franke an seinen Apparaten angebrachten[1]), durch welchen zu dem Widerstand des Apparates verschiedene Nebenschlüsse und zugleich so bemessene Vorschaltwiderstände gelegt werden können, daß der Gesamtwiderstand unverändert bleibt, durch den Spannungsteiler aber nur ein bestimmter Bruchteil des Stromes fließt. Ferner sind einige Umschalter U_1, U_2, U_3 in den Apparat aufgenommen, die bei der Anwendung meist nötig sind (vgl. die Abschnitte 13 und 14). Es hat sich indessen gezeigt, daß diese ebenso bequem und im Interesse der Billigkeit sogar besser durch die in jedem Laboratorium vorhandenen Hülfsinstrumente ersetzt werden können, wie das in Abschn. 13 und 14 auseinandergesetzt ist. *g* ist die Kurbel zum Einschalten von Ballastwiderstand in den Galvanometerkreis, *u* der Unterbrecher. Die Klemmen *B* (Batterie), *G* (Galvanometer), *N* (Normalelement), *X* (zu messende Spannung) entsprechen den an den meisten Apparaten üblichen. Die Klemmen *W* und *Z* bilden den Anschluß an die Enden und Abzweigungen des Hülfswiderstandes, an welchem das Normalelement kompensiert wird, und dessen Einrichtung im folgenden Abschnitt beschrieben ist.

10. *Hülfswiderstand.* Für absolute Spannungsmessung muß der Kompensator mit einem Strom von bekannter Stärke, und zwar zur Bequemlichkeit der Rechnung von rundem Zahlenwert, beschickt werden. Man stellt diesen Strom her durch Kompensation eines Normalelementes entweder an dem Spannungsteiler selbst oder noch bequemer an einem besonderen Widerstand von passender Größe. Solche Widerstände (z. B. 101,9, 1019 und 10190 Ohm für ein Kadmiumelement von 1,019 Volt) werden häufig in die Kompensationsapparate eingebaut. Nun haben aber die Kadmiumelemente verschiedener Herkunft nicht genau die gleiche elektromotorische Kraft. Die bei 4° gesättigten Elemente der Weston-Co. haben 1,0191 Volt, die mit überschüssigem festen Salz 1,0186 Volt im Mittel. Die individuellen Abweichungen der einzelnen Elemente gleichen Typs betragen mehrere Zehntausendstel. Auch der Temperaturkoeffizient des Elementes mit festem Salz (0,00004 pro Grad) kann bei Präzisionsmessungen in Betracht kommen. Aus diesem Grunde habe ich es vorgezogen, einen besonderen Hülfswiderstand zu konstruieren, der sich diesen Abweichungen des Elementes von der normalen Spannung anpassen läßt.

Er besteht im Prinzip aus einem kleinen Kompensator mit zwei Abzweigkontakten (Fig. 10). Ein Widerstand von 10182 Ohm hat auf der einen Seite drei Zusatzwiderstände von 1 Ohm und auf der anderen drei Zusatzwiderstände von je 4 Ohm zwischen Kontaktklötzen, von denen man zu den Klemmen Z abzweigen kann. In Fig. 10 ist der Abzweigwiderstand $10186 + 2 = 10188$ Ohm. Er kann in Stufen von 1 Ohm zwischen 10182 und 10197 Ohm verändert werden. Feinere Einstellung läßt sich erhalten, wenn man die kleinstufigen Zusatz-Widerstände durch einen Draht mit Schleifkontakt ersetzt. Da der Draht erheblichen Widerstand haben muß, wickelt man ihn zweckmäßig um einen isolierenden Zylinder, an dem der Kontakt entlangschleift (etwa nach Art der bekannten Ruhstratschen Widerstände).

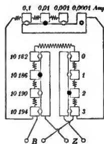


Fig. 10.

[1]) R. Franke, *a. a. O.*

Mit dieser Anordnung kann man den Zahlenwert des Abzweigwiderstandes genau 10000-mal so groß machen als den der elektromotorischen Kraft des Kadmium-Normalelementes und dann durch Kompensation den Strom 0,0001 Ampere herstellen. Damit man auch Ströme von 0,001 sowie 0,01 und 0,1 Ampere erhalten kann, läßt sich zu dem Gesamtwiderstand (10197 Ohm) zwischen den Endklemmen B durch Stöpseln in der oberen Reihe (Fig. 10) ein Nebenschluß legen, der $^1/_9$ bezw. $^1/_{99}$ oder $^1/_{999}$ von 10197 Ohm beträgt.

Der Hülfswiderstand in Verbindung mit dem Kadmium-Element kann natürlich auch bei anderen Kompensationsapparaten und überhaupt stets benutzt werden, wenn zu irgend einem Zwecke eine Stromstärke von 0,1, 0,01, 0,001 oder 0,0001 Ampere hergestellt werden soll. Deswegen und auch der besseren Handlichkeit wegen empfiehlt es sich, den Hülfswiderstand nicht in den Kompensationsapparat einzubauen, sondern für sich zu lassen. Schließlich ist dies auch aus dem folgenden Grunde angenehm. Wie später gezeigt werden wird, ist es bei der Messung kleiner Potentialdifferenzen nötig, den Strom im Kompensationsapparat zu kommutieren. Liegt nun der Hülfswiderstand im Apparat, so kann es leicht vorkommen, daß das Normalelement in verkehrter Richtung eingeschaltet wird, was sich vermeiden läßt, wenn der Hülfswiderstand außerhalb liegt.

An Stelle des hier beschriebenen Hülfswiderstandes kann man natürlich auch jeden Rheostaten verwenden, in welchem sich der verlangte Abzweigwiderstand herstellen läßt.

11. *Fehler aus Kontaktwiderständen.* Die in Fig. 7 bezw. 8 skizzierte Schaltung für den neuen Kompensationsapparat ist nach dem Gesichtspunkt ausgewählt, den Einfluß der unvermeidlichen Kontaktwiderstände so gering als möglich zu machen. In jedem der beiden Zweigkreise beträgt dieser Einfluß unter Voraussetzung gut ausgeführter Kurbelkontakte $^1/_{50}$, zusammen also $^1/_{25}$ Einheit der fünften Dekade. Dazu kommen die in den beiden Figuren stark gezeichneten schädlichen Verbindungen. Der daraus insgesamt resultierende Nullwiderstand, d. h. die Spannung zwischen den Abzweigkontakten, wenn alle Kurbeln auf 0 gedreht sind, ausgedrückt in den proportionalen Widerstandseinheiten, wurde an zwei fertigen Apparaten zu $^1/_{15}$ und $^1/_{18}$ Einheit der fünften Dekade gemessen. Gute Ausführung und sorgfältige Behandlung der Kontakte (Abwischen mit Öl) ist jedoch zur Erreichung eines so kleinen Wertes durchaus erforderlich.

12. *Fehler aus Thermokräften.* Bei der Messung kleiner elektromotorischer Kräfte, sei es mit oder ohne Kompensationsapparat, muß sorgfältig auf die fast immer vorhandenen störenden thermoelektrischen Kräfte geachtet werden, die im Galvanometer, in den Hülfsapparaten, an den Verbindungsstellen zweier Drähte entstehen können. Diese Thermokräfte lassen sich zwar ganz oder zum größten Teil durch geeignete Anordnung der Messung eliminieren, worauf in den Abschnitten 13 und 14 eingegangen wird. Es ist aber jedenfalls gut, sie von vornherein möglichst klein zu machen. Bei der Konstruktion des Apparates ist hierauf insofern Rücksicht genommen, als von jedem Manganindraht die beiden Enden möglichst dicht aneinander gelegt sind, damit ihre Temperatur nicht zu verschieden sein kann. Außerdem ist zu diesem Zweck die bereits erwähnte Petroleumfüllung vorgesehen, die natürlich fortgelassen werden kann, wenn nicht sehr kleine elektromotorische Kräfte gemessen werden sollen.

In der folgenden Tabelle sind die Thermokräfte angegeben, welche mit und ohne Petroleumfüllung bei zwei verschiedenen Apparaten auftraten. Der zu prüfende

Apparat war ohne Strom, die Klemmen X waren kurz geschlossen und bei G war ein Kugelpanzer-Galvanometer von 50 Ohm eingeschaltet, welches für 10^{-6} Volt einen Ausschlag von 16 Skalenteilen gab. Dann wurden die Kurbeln der einzelnen Dekaden der Reihe nach von der Nullstellung auf die übrigen Kontakte gedreht. Die Zahlen der Tabellen geben den Unterschied der durch den Galvanometerausschlag gemessenen elektromotorischen Kraft bei den verschiedenen Kurbelstellungen gegen die bei der Nullstellung vorhandene. Die römischen Ziffern bezeichnen die Dekaden.

Thermokräfte in 10^{-8} Volt.

Kurbelstellung	A Erster Apparat (Kontakte auf dem Deckel) ohne Petroleumfüllung					B Zweiter Apparat (Kontakte im Innern) ohne Petroleumfüllung				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
1	+ 3	+ 3	− 50	+ 13	0	− 8	+ 4	− 11	− 11	− 8
2	+ 7	+ 3	− 47	+ 10	− 7	− 7	+ 2	− 19	− 4	− 13
3	+ 13	+ 3	− 47	0	− 10	− 5	− 2	− 25	+ 5	− 17
4	+ 17	+ 7	− 47	− 7	− 13	− 6	− 2	− 27	+ 8	− 22
5	+ 20	+ 7	− 47	− 7	− 13	− 4	− 2	− 27	+ 8	− 22
6	+ 20	+ 7	− 60	− 4	− 16	− 2	− 2	− 24	+ 9	− 21
7	+ 22	+ 7	− 60	+ 6	− 17	+ 1	− 4	− 27	+ 9	− 18
8	+ 26	+ 7	− 66	+ 10	− 6	+ 1	− 4	− 27	+ 2	− 12
9	+ 30	+ 7	− 70	+ 12	− 6	− 2	− 8	− 27	− 2	− 3
10	+ 30				− 2	− 2				+ 2

Thermokräfte in 10^{-8} Volt.

Kurbelstellung	C Zweiter Apparat (Kontakte im Innern) mit Petroleumfüllung, nicht gerührt					D Zweiter Apparat (Kontakte im Innern) mit Petroleumfüllung, gerührt				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
1	+ 25	− 13	− 32	+ 19	− 16	+ 1	− 1	− 2	− 1	0
2	+ 25	− 15	− 36	+ 23	− 20	0	− 1	− 1	− 1	+ 2
3	+ 30	− 16	− 36	+ 24	− 25	0	− 3	0	− 1	+ 3
4	+ 33	− 17	− 43	+ 27	− 30	− 1	3	0	− 2	+ 5
5	+ 34	− 19	− 48	+ 27	− 31	− 1	− 2	+ 1	− 2	+ 5
6	+ 32	− 19	− 50	+ 29	− 29	− 1	− 3	+ 2	− 2	+ 4
7	+ 32	− 20	− 51	+ 28	− 26	− 2	− 5	+ 2	− 2	+ 4
8	+ 31	− 21	− 45	+ 27	21	− 2	− 4	0	3	+ 3
9	+ 29	− 21	− 46	+ 25	17	− 1	− 5	0	− 4	+ 2
10	+ 30				− 11	− 2				0

Bei dem ersten Apparat (Spalte A) waren die Kontaktstücke und Kurbeln frei auf dem Hartgummideckel. Eine Petroleumfüllung war nicht vorgesehen. Der zweite Apparat (Spalten B, C, D) war der in Fig. 9 abgebildete, bei dem die Kontakte im Innern unter einem besonderen Schutzdeckel lagen, und der mit Petroleum gefüllt werden konnte.

Es zeigt sich in der Tabelle (Spalte B und C), daß die Petroleumfüllung allein den Temperaturausgleich noch schlechter vermittelt als die Luft, daß gutes Rühren (Spalte D) aber die Thermokräfte erheblich vermindert. Der Wert $5 \cdot 10^{-8}$ Volt, der

hier noch vorkommt, ist etwa gleich der Thermokraft eines Eisen-Konstantan-Elementes, dessen Lötstellen eine Temperaturdifferenz von 0,001° C. haben.

Wenn die Versuche zu anderen Zeiten wiederholt wurden, was mehrmals geschah, erhielt man zwar Abweichungen in den einzelnen Zahlen, im ganzen aber sowohl der Größe als dem Sinne nach dasselbe Bild.

Es ist bereits darauf hingewiesen, daß die störenden Thermokräfte sich durch geeignete Anordnung der Messung zum größten Teil eliminieren lassen. Diese Anordnung wollen wir für die beiden häufigsten Arten der Messung, nämlich absolute Spannungsmessung und Widerstandsvergleichung, besprechen.

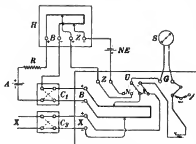


Fig. 11.

13. *Absolute Spannungsmessung.* Die Schaltung ist in Fig. 11 skizziert. Vor den Klemmen B und X des Apparates liegen die Stromwender C_1 und C_2. Der Strom des Akkumulators A durchfließt den Regulierwiderstand R, den Hülfswiderstand H und den Hauptkreis des Kompensationsapparates mit dem vorgeschalteten Kommutator C_1. Die Abzweigklemmen Z des Hülfswiderstandes sind mit den Klemmen Z des Hauptapparates verbunden, und in die eine Verbindung ist das Normalelement geschaltet. Um dies an der Abzweigung des Hülfswiderstandes kompensieren zu können, wird der Umschalter U in die in der Figur gestrichelte Lage gebracht. Wenn die Abgleichung erfolgt ist, legt man U in die andere Lage, wodurch der Galvanometerzweig in die Abzweigung des Spannungsteilers kommt. Die eigentliche Messung geschieht dann, indem die über den Kommutator C_2 an die Klemmen X gelegte Spannung durch Drehen der Kurbeln kompensiert wird. Um nun die störenden Thermokräfte zu eliminieren, muß die Messung nach Umlegen der beiden Kommutatoren C_1 und C_2 wiederholt und aus beiden Resultaten das Mittel genommen werden. Natürlich müssen die Kommutatoren selbst, besonders C_2, frei von Thermokräften sein. Kommutatoren mit Schleiffedern werden zu dem Zweck am besten unter Petroleum gesetzt.

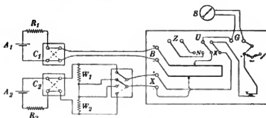


Fig. 12.

14. *Widerstandsvergleichung.* Fig. 12 zeigt die Schaltungsskizze. Das Abgleichen des Kompensationsstromes mit Hülfswiderstand und Normalelement ist hier nicht erforderlich. Der Umschalter U bleibt auf X. Die beiden zu vergleichenden Widerstände W_1 und W_2 liegen in Serie im Stromkreis des Akkumulators A_2, der noch den Regulierwiderstand R_2 und den Kommutator C_2 enthält. Die Abzweigungen von W_1 und W_2 können durch einen Umschalter nacheinander an die Klemmen X des Apparates gelegt werden. Der Strom eines zweiten Akkumulators durchfließt den Regulierwiderstand R_1, den Stromwender C_1 und den Widerstand des Spannungsteilers. Die symmetrische Messung geschieht am besten in folgender Weise:

1. Spannung an W_1 } in der ersten Lage der Kommutatoren C_1 und C_2
2. „ „ W_2 }
3. „ „ W_2 } in der zweiten Lage der Kommutatoren C_1 und C_2.
4. „ „ W_1 }

Die symmetrischen Mittel sind nicht nur von den störenden Thermokräften unabhängig, sondern auch von einer gleichmäßigen Änderung der elektromotorischen Kraft der Akkumulatoren A_1 und A_2.

15. Die *Inkonstanz der Stromquellen* ist ein Punkt, der besondere Beachtung verdient. Wenn sie auch durch die obige symmetrische Messung eliminiert wird, so ist es doch gut, sie ebenso wie die Thermokräfte von vornherein möglichst klein zu machen, indem man die Ströme bereits einige Zeit vor der Messung schließt. Gelingt es trotzdem nicht, hinreichend konstante Ströme zu erhalten, so kann man meist durch einen Kunstgriff die Änderung wenigstens unschädlich machen. Dazu ist nämlich nur erforderlich, daß beide Ströme sich gleich ändern, und dies kann man dadurch erstreben, daß man an die langsamer abfallende Stromquelle einen Nebenschluß von passender Stärke legt. Zwei zur Erzielung eines gleichen Temperaturganges neben einander gestellte, gleich stark belastete Akkumulatoren von gleichem Typ zeigen fast stets genau dieselbe Änderung ihrer elektromotorischen Kraft.

16. *Messungsbeispiel.* Als Beispiel gebe ich die Vergleichung zweier 1 Ohm-Büchsen aus Manganin, Nr. 139 und 1_D. Diese bilden die Widerstände W_1 und W_2 in der Schaltungsskizze Fig. 12. Sie wurden mit 0,01 Ampere belastet, während im Apparat 0,001 Ampere floß. Durch einen Nebenschluß war die Belastung des den Apparat speisenden Akkumulators ebenfalls auf etwa 0,01 Ampere gebracht. Die beiden Widerstände standen in einem Petroleumbad, dessen Temperatur gemessen wurde, und auch der Apparat war mit Petroleum gefüllt. Die nachstehende Tabelle gibt das Beobachtungsschema. Die letzten Stellen der Zahlen wurden durch Interpolation aus den Galvanometerausschlägen erhalten. Die Pfeile geben die Reihenfolge der Ablesungen.

Temperatur	Widerstand	Kompensationswiderstand in erster Kommutatorstellung		Kompensationswiderstand in zweiter Kommutatorstellung	Mittel	Verhältnis 1_D: 139
°C.						
	1_D	1008182		8388	1008285	
18,7		↓		↑		1,002198
	139	1006059	→	6089	1006074	
	1_D	1008082		8361	1008222	
18,8		↓		↑		1,002201
	139	5978	→	6037	1006008	
	139	1005844		5857	1005851	
19,0		↓		↑		1,002193
	1_D	7960	→	8154	1008057	

Es sind drei unabhängige Beobachtungen ausgeführt. Reduziert man die drei erhaltenen Werte für das Verhältnis 1_D: 139 mit Hülfe der aus anderen Messungen bekannten Temperaturkoeffizienten auf 18°, so ergibt sich

1,002214 1,002219 1,002215,

während von einem anderen Beobachter einige Tage vorher in der Thomsonschen Brücke mit viermal größerer Stromstärke $1{,}002212_5$ gefunden war.

17. *Verhältnis der Kompensationsmethode zu anderen Methoden der Widerstandsvergleichung.* Sowohl die Wheatstonesche bezw. Thomsonsche Brückenmethode als die Methode des Differentialgalvanometers mit übergreifendem Nebenschluß nach Kohlrausch besitzen vor der Kompensationsmethode den Vorzug, von der Stromquelle unabhängig zu sein, und lassen aus diesem Grunde eine etwas größere Genauigkeit zu. Andrerseits besitzt die Kompensationsmethode, für welche der hier beschriebene Kompensator neben anderem ein Hülfsmittel sein will, den Vorzug völliger Unabhängigkeit von Übergangs- und Zuleitungswiderständen verbunden mit großer Meßempfindlichkeit[1]), ohne dabei wie die Differential-Methode auf die Vergleichung nahe gleicher Widerstände beschränkt zu sein.

Die kürzlich von H. Hausrath[2]) angegebene Form der Kohlrauschschen Differential-Methode ist zwar auf Widerstände von ungleichem Betrag anwendbar, verliert aber durch die Benutzung eines Schleifdrahtes sehr an Genauigkeit.

Die Unabhängigkeit der Kompensationsmethode von den Übergangswiderständen erweist sich besonders nützlich, wenn diese veränderlich sind, was z. B. bei aufgesetzten Schneiden oder angelegten Drähten leicht möglich sein kann.

Zusammenfassung.

1. Durch eine besondere Schaltung ist erreicht, daß die Kontaktwiderstände nur geringen Einfluß haben. Dadurch wird es möglich, bei Unterteilung in 5 Dekaden den Gesamtwiderstand auf 12 Ohm zu reduzieren.

2. Es ist Rücksicht darauf genommen, das Entstehen von Thermokräften im Apparat möglichst zu verhindern. Sollen Spannungen genauer als auf etwa $5 \cdot 10^{-7}$ Volt gemessen werden, so ist wegen dieser Thermokräfte Petroleumfüllung und Rühren angebracht, wodurch eine etwa 10-fach größere Genauigkeit erreichbar wird.

3. Der Apparat[3]) verträgt, auch ohne Petroleumfüllung, eine Belastung mit 0,1 Ampere und erlaubt dann Spannungsmessungen bis zu 1,1 Volt. Als normale Belastung ist 0,01 und 0,001 Ampere anzusehen. Der Apparat ist bestimmt zur Messung aller Spannungen unter 1,1 Volt; insbesondere aber, in Verbindung mit einem Galvanometer von kleinem Widerstand, zur Messung solcher Spannungen, welche selbst kleinen inneren Widerstand haben, und bei welchen die Messung durch direkten Galvanometerausschlag zu unbequem oder zu ungenau ist.

4. Kleine Spannungen müssen zur Elimination von Thermokräften zweimal hinter einander mit vertauschter Richtung gemessen werden. Die Schaltungsskizzen für absolute Spannungsmessung und für Widerstandsvergleichung sind in den Fig. 11 und 12 gegeben.

5. Von den Anwendungen werden hervorgehoben:
   a) Messung der elektromotorischen Kraft von Thermoelementen,
   b) Messung von Stromstärken durch Abzweigen von einem kleinen Widerstand[4]),
   c) Messung kleiner Widerstände,
   d) Messung von kleinen Widerständen, bei welchen beträchtliche Übergangswiderstände vorhanden sind,
   e) Temperaturmessung mit Widerstandsthermometern.

[1]) Vgl. darüber W. Jaeger, *diese Zeitschr.* **26.** *S. 79. 1906.*

[2]) H. Hausrath, *Ann. d. Physik* **16.** *S. 134. 1905.*

[3]) Die Ausführung ist von der Firma O. Wolff in Berlin W, Karlsbad 15, übernommen.

[4]) Wegen der größeren Meßempfindlichkeit kann man den Abzweigwiderstand — was meist angenehm ist — sehr viel kleiner wählen als bei Anwendung eines Kompensationsapparates mit großem Widerstand.

Die Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Jahre 1905.

(Fortsetzung von S. 160.)

IV. Optische Arbeiten.

1. Photometrische Prüfungen[1].

Nachstehende Tabelle enthält die im Jahre 1905 ausgeführten photometrischen Prüfungen:

99 beglaubigte Hefnerlampen, davon
 31 mit Visier,
 38 mit optischem Flammenmesser,
 4 mit Visier und optischem Flammenmesser,
 23 mit optischem Flammenmesser und Ersatzdochtrohr,
 3 mit Visier, optischem Flammenmesser und Ersatzdochtrohr;
284 elektrische Glühlampen mit Kohlefäden, davon
 48 in Dauerprüfung mit im ganzen 19230 Brennstunden;
2 Osmiumlampen;
5 Bogenlampen mit Kohle-Elektroden;
1 Quecksilberbogenlampe aus Quarzglas;
54 Gasglühlichtapparate mit aufrecht stehendem Glühkörper, davon
 36 in Dauerprüfung mit im ganzen 22300 Brennstunden;
5 Gasglühlichtapparate mit hängendem Glühkörper;
5 Gasglühlichtbrenner besonderer Konstruktion;
4 Intensivlampen für Gasglühlicht;
4 Ölproben;
8 Petroleumlampen;
3 Petroleumglühlichtlampen;
2 Spiritusglühlichtlampen;
1 Photometeraufsatz nach Lummer und Brodhun;
2 photographische Objektive, geprüft auf ihre Lichtdurchlässigkeit für violettes Licht.

Viel Zeit beanspruchten zwei Prüfungen von elektrischen Kohle-Glühlampen, bei denen es sich um die vergleichende Untersuchung von drei Sorten handelte, die mit A, G und W bezeichnet waren. Davon war A die gewöhnliche Glühlampe. Die W-Lampen waren nach einem neuen Verfahren hergestellt, durch welches sie zur Ertragung einer hohen Belastung geeignet gemacht werden sollten. Dabei werden die Kohlefäden vor und nach dem „Präparieren" (Niederschlagen von Kohlenstoff auf dem karbonisierten Faden) im elektrischen Ofen bis auf 3000° erhitzt. Die G-Lampen sollen nach einem älteren Verfahren angefertigt sein, welches mit dem beschriebenen gewisse Ähnlichkeit hat, bei dem aber eine der beiden Erhitzungen fortfällt. Eine auffallende Wirkung der geschilderten zweimaligen Erhitzung auf 3000° zeigte sich bei den W-Lampen darin, daß diese bei einer höheren Beanspruchung als etwa 3 Watt auf 1 HK einen positiven Temperaturkoeffizienten des Widerstandes zeigten, während der Temperaturkoeffizient bei den gewöhnlichen (A-) Lampen und den G-Lampen noch bei einer Beanspruchung von 1,5 Watt auf 1 HK negativ war[2].

Bei der ersten Dauerprüfung wurden alle drei Sorten bei einer Anfangsbeanspruchung von 2,25 Watt auf 1 HK mit konstanter Spannung 200 Stunden lang gebrannt. Die zweite Dauerprüfung bezog sich nur auf W-Lampen, und zwar wurden von 20 solchen Lampen 10 bei einer Anfangsbeanspruchung von 2,6 Watt auf 1 HK, 10 bei einer solchen von 2,25 Watt auf 1 HK bis zu einer Abnahme der Lichtstärke um 25% der Anfangslichtstärke in Dauerprüfung genommen. Beide Prüfungen ergaben für die W-Lampen günstige Werte.

[1]) Brodhun, Liebenthal, Schönrock.

[2]) Über den Einfluß der Erhitzung von Kohlefäden auf sehr hohe Temperaturen berichtet John Howell in *The Electrician* **55.** *S. 588. 1905.*

Unter den im Berichtsjahre geprüften Kohle-Bogenlampen brannte am günstigsten eine mit Wechselstrom betriebene, mit Glocke und Reflektor versehene Flammenbogenlampe. Der Verbrauch betrug 0,76 Watt auf 1 IK mittlere räumliche Lichtstärke.

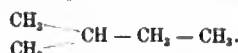
Bei der von der Firma W. C. Heraeus eingesandten Quecksilberbogenlampe aus Quarzglas betrug die Stromstärke 4,2 Amp., die benutzte Akkumulatorenspannung 240 Volt, die Spannung an den Polen der Lampe 174 und 197 Volt. Bemerkenswert ist, daß das Licht bei diesen hohen Spannungen neben den bekannten Linien ein kontinuierliches Spektrum zeigte.

Unter den Gasglühlichtapparaten mit hängendem Gasglühlicht ergab der vorteilhafteste einen Gasverbrauch von 1,2 *l* auf 1 IK mittlere räumliche Lichtstärke.

Die Lichtabsorption der in der Tabelle erwähnten photographischen Objektive wurde für Licht von der Wellenlänge 434 $\mu\mu$ (G') mit dem Spektralphotometer bestimmt.

2. Auswertung der Carcellampe und der Pentanlampe in Hefnerkerzen[1]).

Die vergleichenden Versuche über das Lichtstärkenverhältnis der Hefnerlampe zur 10-Kerzen-Pentan- und Carcellampe sind abgeschlossen. Es wurden dazu zwei Carcellampen und zwei 10-Kerzen-Pentanlampen benutzt, welche aus Frankreich bezw. England bezogen und von dem Deutschen Verein von Gas- und Wasserfachmännern für die Versuche zur Verfügung gestellt sind. Das für die Carcellampen benutzte Colzaöl ist gleichfalls von dem genannten Verein beschafft worden. Für die Pentan-Lampen kamen 3 Sorten von Pentan zur Verwendung: 1. direkt aus London bezogenes, 2. nach den Vorschriften der *Gas Referees* in London von der Firma C. A. F. Kahlbaum in Berlin hergestelltes und 3. von derselben Firma unter der Bezeichnung „Pentan Kahlbaum" in den Handel gebrachtes Pentan, nach Angabe der Firma ein einheitlicher Körper von der Formel



$$\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix} > CH - CH_2 - CH_3.$$

Die Sorten 1 und 2 sind im chemischen Laboratorium der Reichsanstalt nach den Prüfungsvorschriften der *Gas Referees* untersucht worden. Sorte 2 entsprach ganz den Vorschriften; Sorte 1 zeigte ein etwas zu hohes spezifisches Gewicht (wahrscheinlich infolge von fraktioniertem Verdunsten aus dem nicht genügend verschlossenen Gefäß während des Transportes).

Während das Arbeiten mit der 10-Kerzen-Pentanlampe keine besonderen Schwierigkeiten bot, war es bei der Carcellampe nicht leicht, den vorgeschriebenen Konsum von 39 bis 45 *g* in der Stunde einzuhalten. Auch schwankten hier die gefundenen Lichtstärken beträchtlich.

Es ergab sich

1) Lichtstärke der Carcellampe (bei mittlerer Luftfeuchtigkeit) = 10,8 IK

2a) $\dfrac{\text{Lichtstärke der 10-Kerzen-Pentanlampe}}{\text{Lichtstärke der Hefnerlampe}}$ . . . . = 11,0 „

wenn die beiden letzteren Lampen in der gleichen Luft brennen. Nun wird aber in Deutschland für die Hefnerlampe eine Luftfeuchtigeit von 8,8 *l* auf 1 *cbm* trockene, kohlensäurefreie Luft, in England für die 10-Kerzen-Pentanlampe eine Luftfeuchtigkeit von 10 *l* als normal angenommen. Zieht man dies in Rechnung, so ergibt sich

2b) Lichtstärke der 10-Kerzen-Pentanlampe (bei 10 *l* und 760 *mm*) = 10,9 IK.

Eine Ausarbeitung von Dr. Liebenthal über diese Versuche ist dem Vorsitzenden der Internationalen Lichtmeßkommission übersandt und wird nach dessen Wunsch von der Kommission veröffentlicht werden. Von den entsprechenden Vergleichungen, welche in Frankreich und England ausgeführt werden sollten, liegen die Messungen des *National Physical Laboratory* vor.

Dort wurde gefunden

Lichtstärke der Carcellampe (bei mittlerer Luftfeuchtigkeit) = 10,76 IK
Lichtstärke der 10-Kerzen-Pentanlampe (bei 10 *l* und 760 *mm*) = 10,95 „ .

[1]) Brodhun, Liebenthal.

3. Prüfung von Quarzplatten[1]).

Während des Jahres 1905 wurden 13 Saccharimeter-Quarzplatten zur Prüfung eingesandt, welche den an Saccharimeterquarze zu stellenden Anforderungen genügten.

4. Versuche mit Metalldampflampen[2]).

Von der Firma **Heraeus** in Hanau wurden der Reichsanstalt einige Quarzglas-Metalldampflampen behufs Prüfung auf Brauchbarkeit und Lebensdauer zur Verfügung gestellt. Von diesen wurden die reines Kadmium oder reines Zink enthaltenden Lampen eingehend erprobt, weil sie für viele Zwecke der messenden Optik, so z. B. für Interferenzversuche und spektrometrische wie polarimetrische Messungen, fühlbare Lücken ausfüllen. Nimmt man die Quecksilberlampe hinzu, so verfügt man über eine große Zahl äußerst lichtstarker Linien, welche ziemlich regelmäßig über das sichtbare Spektrum verteilt sind.

Die folgende Tabelle enthält die Hauptlinien, deren Wellenlängen zum Teil noch genauer zu bestimmen sind, und für die hellsten Linien erstens die Luftdicke d, bis zu welcher die **Haidinger**schen Interferenzringe beobachtbar waren, und zweitens den bei den polarimetrischen Messungen gefundenen mittleren Fehler ε der einzelnen Einstellung beim Halbschatten α.

Farbe	Metall	Wellenlänge in $\mu\mu$	d in mm	ε in Graden	α in Graden	Wellenlängen der schwächeren Linien
Rot	Cd	643,8	180	0,012	2,3	Cd 626
	Zn	636,2	99	0,016	2,3	606
						585
Gelb	Na	589,6	15	0,004	0,9	549
	Na	589,0				
	Hg	579,1	110	—	—	537,9
	Hg	577,0				515,5
						436
Grün	Zn	547	155	0,057	5,1	430,7
	Hg	546,1	230	0,004	0,9	Zn 588
	Zn	518,2	68	0,018	2,3	574
	Cd	508,6	190	0,005	0,9	463,0
	Zn	507	85	—	—	435
	Hg	491,6	107	0,045	5,1	429,9
Blau	Zn	481,1	124	0,005	0,9	
	Cd	480,0	180	0,005	0,9	
	Zn	472,2	98	0,007	0,9	
	Zn	468,0	98	0,007	0,9	
	Cd	467,8	140	0,006	0,9	
	Cd	441,3	65	—	—	
	Hg	435,8	175	0,017	2,3	
Violett	Hg	407,8	50	—	—	
	Hg	404,7	65	0,084	5,1	

Die große Interferenzfähigkeit der Cd- und Zn-Linien ist überraschend, wenn man ihre sehr bedeutende Helligkeit und den Umstand in Betracht zieht, daß die Lampen nicht gekühlt werden können. Bei den Quecksilberlampen nimmt nämlich die Interferenzfähigkeit mit wachsender Strom- oder Lichtstärke sehr beträchtlich ab und sinkt ganz besonders stark, wenn die Lampe ohne Wasserkühlung gebrannt wird. Letzteres ist von Interesse, weil Messungen ergeben haben, daß bei gleicher Stromstärke die photometrische Helligkeit der Lampe mit und ohne Wasserkühlung die gleiche ist.

[1]) Brodhun, Schönrock.
[2]) Schönrock.

Die in der obigen Tabelle enthaltenen Luftdicken d wurden mit einem provisorisch zusammengestellten Apparat ermittelt, wobei mit unversilberten Glasflächen im reflektierten Lichte beobachtet wurde. Die bisher an versilberten Luftplatten erhaltenen Resultate erreichen so große Dicken nicht.

Die Cd- und Zn-Lampen brennen mit 5 Amp. bei einer Spannung von etwa 26 Volt an den Lampenpolen. Behufs Zündung muß indessen eine viel höhere Spannung angelegt werden, welche bei neuen Lampen etwa 110 Volt beträgt, dagegen mit zunehmender Brenndauer beträchtlich (bis zu 230 Volt und mehr) erhöht werden muß. Sobald die Versuche, den Grund hierfür aufzufinden, zum Abschluß gebracht und mit der Zinklampe noch Dauerprüfungen ausgeführt worden sind, sollen die bisher mit den Lampen vorgenommenen Untersuchungen und die dabei gesammelten Erfahrungen über die Behandlung der Lampen veröffentlicht werden.

5. Ausmessung des Parallelismus und der Planheit von Platten[1]). Der im vorigen Tätigkeitsberichte erwähnte neue Interferenzapparat ist im Juni 1905 von der Werkstatt der Reichsanstalt geliefert worden. Zu den bisher damit ausgeführten Versuchen wurden eine plane keilförmige Glasplatte von 60 *mm* × 120 *mm* Fläche und etwa 4,5 *mm* Dicke und eine planparallele Glasplatte von 145 *mm* Durchmesser und 4,9 *mm* Dicke benutzt, welche von der Firma Haecke in Berlin aus bestgekühltem Crownglase hergestellt worden sind.

Die Ausmessung des Parallelismus der letzteren Platte ergab, wenn man ihren Brechungsexponenten als genügend konstant annimmt, für die Dickenunterschiede Werte bis zu etwa 160 $\mu\mu$, welche zu verschiedenen Zeiten bis auf etwa 0,6 $\mu\mu$ (Größenordnung des Durchmessers eines Gasmoleküls!) konstant erhalten wurden. Dabei wurde in den Zwischenzeiten die Platte wiederholt mit Zedernholzöl, das bei der Bestimmung der Planheit verwendet wird, bestrieben und mittels Alkohol und Watte gesäubert.

Eine fast ebenso große Genauigkeit ließ sich bei den Messungen der Planheit zwar innerhalb einer etwa zwei Stunden währenden Versuchsreihe erzielen; dagegen wiesen die an verschiedenen Tagen erhaltenen Resultate Differenzen bis zu etwa 7 $\mu\mu$ auf. Da diese wahrscheinlich durch Unregelmäßigkeiten in der Auflagerung und Entlastung des Vergleichsglases und dadurch bedingte Durchbiegungen desselben entstehen, so werden an den betreffenden Vorrichtungen zurzeit in der Werkstatt der Reichsanstalt Verbesserungen vorgenommen.

Von Interesse ist, daß sich während einer verhältnismäßig kurzen Zeit eine Veränderlichkeit in der Planheit des Vergleichsglases nachweisen ließ. Das im September 1904 gelieferte Planglas war im Juni 1905 ziemlich regelmäßig konkav, und zwar betrug bei 100 *mm* Sehne die Pfeilhöhe etwa 422 $\mu\mu$. Diese ergab sich nun im Dezember 1905 nur noch zu 170 $\mu\mu$. Zu bemerken ist, daß allerdings das Vergleichsglas bei der Prüfung zwischen gekreuzten Nicols starke Spannungen aufwies. Bei dem Parallelglase, welches bei den Messungen auf feinstem Velvet ruht, der auf einer starken planen Metallfläche aufliegt, sind innerhalb dieser Zeit Änderungen in der Planheit nicht wahrnehmbar gewesen. Auch dieses Glas ist nicht spannungsfrei.

Um die Frage nach der zeitlichen Veränderlichkeit der Planheit von Flächen optischer Gläser näher zu studieren, hat man sich an die Firma C. Zeiss in Jena gewandt, welche sich bereit erklärt hat, möglichst spannungsfreie Planplatten aus den in Betracht kommenden Glassorten sowie auch aus Quarz anzufertigen.

Werden, wie dies bei den vorhergehenden Messungen geschehen ist, die Fehler des Vergleichs-Planglases durch Vergleich mit den beiden Flächen einer durchsichtigen Parallelplatte bestimmt, so erhält man die Fehler nur dann einwandfrei, wenn man den Brechungsquotienten des Parallelglases für alle Stellen genügend gleich voraussetzen darf. Schon die bisherigen Untersuchungen scheinen aber darauf hinzudeuten, daß dies nicht völlig der Fall ist. Um diesen Übelstand zu vermeiden, ist eine neue Methode zur Bestimmung der Fehler

[1]) Schönrock.

des Vergleichsglases ausgearbeitet worden. Dabei wird nur mit parallelen Luftplatten gearbeitet, indem das Planglas mit den Flächen zweier keilförmigen Glasplatten verglichen wird.

6. Dioptrische Prüfungen[1]). Eine planparallele Glasplatte wurde einer genauen Untersuchung unterzogen. Außerdem wurde von einer Linse die Brennweite für Achsenstrahlen und Na-Licht bestimmt.

V. Chemische Arbeiten.

1. Zinkchlorid[2]). Die im vorjährigen Bericht erwähnte Arbeit über die Löslichkeit des Zinkchlorids wurde in zwei Mitteilungen veröffentlicht (Anh. Nr. 41).

2. Jodsäure[3]). Die Untersuchung über die Jodsäure ist ebenfalls mit einer gedruckten Mitteilung zum Abschluß gelangt (Anh. Nr. 43).

3. Quarzgeräte[4]). Die Versuche über die Anwendbarkeit der Quarzgeräte im Laboratorium wurden in einer kurzen Mitteilung bekannt gemacht (Anh. Nr. 42).

4. Wasserhaltiges Glas[5]). Die Beobachtungen über das Glasmaterial der Isolationsröhren in den Akkumulatoren wurden erweitert mit Rücksicht auf die Bildung und Zersetzung von „wasserhaltigem Glas“.

Insoweit dasselbe unter der Einwirkung der Atmosphäre oder verdünnter Säuren auf minderwertige Handelssorten von Glas entsteht, beträgt der Wassergehalt 5 bis 13 Gewichtsprozent der veränderten Schicht und scheint darüber nicht hinauszugehen.

Die Entglasungserscheinungen, welche man bei dem Austritt des Wassers aus den veränderten Oberflächenschichten solcher Gläser wahrnimmt, können an dem gleichen Objekt willkürlich in zweierlei Weise zur Anschauung gebracht werden.

a) Bei *langsam* gesteigerter Erwärmung erfolgt der Austritt des Wassers verhältnismäßig langsam, wobei die Hauptmenge etwas oberhalb 100°, der letzte Rest von Wasser jenseits 500° entweicht. Hierbei zerreißt die Masse zu klaren Schuppen und zeigt an den Röhren die Erscheinung des „Abblätterns“.

b) Bei *raschem* Erwärmen desselben Rohrs erfolgt zwischen 400° und 460° ein plötzlicher Austritt von Wasserdampf in mikroskopischen Blasen, welcher zur Entglasung durch *Schaumbildung* führt. Hierbei unterbleibt das Abblättern; die Oberflächenschicht erscheint porzellanartig trübe und bewahrt zum Unterschiede von a) ihren Zusammenhang.

c) Wenig bemerkbar macht sich dabei gewöhnlich die dritte Form der Entglasung, welche durch Abscheidung fester Phasen innerhalb der Glasmasse veranlaßt wird.

Bisweilen führt der bei dem Erwärmen des wasserhaltigen Glases erfolgende Austritt von Wasser die genannten drei Entglasungserscheinungen gleichzeitig herbei. Als Beispiel für die Entstehung einer wasserhaltigen Schicht sei die Änderung in der Zusammensetzung erwähnt, welche ein Röhrenglas (*A*) bei 15-jährigem Verweilen in einer Akkumulatorenbatterie erfahren hat.

	Ursprüngliches Glas (Glaskern) Wandstärke 0,7 mm	Verändertes Glas (Oberflächenschicht) 0,015 mm dick
SiO_2	70,3 %	71,7 %
SO_3	0,4 „	0,4 „
$Al_2(Fe_2)O_3$	0,6 „	0,6 „
MnO	0,05 „	0,05 „
MgO	0,1 „	0,1 „
CaO	6,4 „	6,7 „
Na_2O	12,0 „	10,9 „
K_2O	10,3 „	3,9 „
H_2O	— „	5,8 „
	100,15 %	100,15 %

[1]) Brodhun, Schönrock.
[2]) Mylius, Dietz.
[3]) Groschuff.
[4]) Mylius, Meusser.
[5]) Mylius, Groschuff.

Bei rationeller zusammengesetzten Gläsern ist die Veränderung infolge von Berührung mit verdünnter Schwefelsäure äußerst gering, bei technischem „Wasserglas" führte sie in gleicher Weise wie die Auslaugung durch Wasser zu glasartiger unreiner Kieselsäure mit etwa 18 % Wasser.

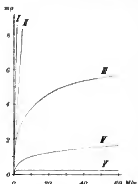


Fig. 7.

5. Hydrolytischer Angriff von Glasmassen[1].

Zur Charakterisierung von fünf verschiedenen Glasmassen, welche zu den unter 4. bezeichneten Beobachtungen gedient hatten, wurde an frischen Bruchflächen die Einwirkung feucht ätherischer Eosinlösung in verschiedener Zeitdauer festgestellt (vgl. den Tätigkeitsbericht für 1904, *diese Zeitschr.* **25.** *S. 149. 1905*). In der folgenden Zusammenstellung findet die veränderliche Geschwindigkeit der hydrolytischen Zersetzung der Gläser einen zahlenmäßigen, in Fig. 7 einen graphischen Ausdruck. Das Gefäßglas (V) enthält 15 %, das Röhrenglas *A* 6 %, das mangelhafte Röhrenglas *B* 1,5 % Kalk, während die Wassergläser mit noch kleineren Mengen davon verunreinigt sind.

1 Quadratdezimeter Oberfläche nahm auf	in 1 Minute	10 Minuten	60 Minuten
	Milligramm Jodeosin		
I. Kaliwasserglas	3,2	18	—
II. Natronwasserglas	2,4	12	—
III. Röhrenglas *B*	1,3	4,2	5,7
IV. Röhrenglas *A*	0,5	1,0	1,5
V. Gutes Gefäßglas einer Akkumulatorenbatterie	0,2	0,2	0,2

6. Molekularveränderungen der Kieselsäure[2]. Die Einwirkung von Wasser auf Glas (Wasserglas) führt einerseits zu ungelöster Kieselsäure und gelöstem Alkali, andererseits zu Wasserglaslösung, drittens zu wasserhaltigem Glase.

Zum besseren Verständnis dieser mannigfachen Reaktionen haben sich eingehende Versuche über die Molekularveränderungen der Kieselsäure als notwendig erwiesen. Eine kurze Mitteilung über die ausgeführten Beobachtungen liegt vor (Anh. Nr. 44). Mit Hülfe chemischer Reagentien wie *Eiweiß* oder *Natronlauge* kann man in wäßrigen Lösungen zwei Zustände der Kieselsäure unterscheiden, deren einer (die α-Kieselsäure) an niedrige, deren anderer (die β-Kieselsäure) an hohe Molekulargewichte geknüpft ist. Ein zeitlicher Übergang der ersten in die zweite Form ist dabei nachweisbar; derselbe wird durch Fremdkörper beschleunigt und führt endlich zur Abscheidung fester Massen oder bei genügender Konzentration zur Glasbildung. Die Untersuchung wird fortgesetzt.

7. Wechselwirkung von Kieselsäure und Phosphorsäure[3]. Die Versuche über die Wechselwirkung zwischen Kieselsäure und Phosphorsäure (s. den Tätigkeitsbericht für 1904) wurden zum Abschluß gebracht und haben folgendes ergeben:

a) Phosphorsäure von der Zusammensetzung H_3PO_4 ist (zum Unterschiede von den meisten anderen Säuren) für jede Form der Kieselsäure als Lösungsmittel zu betrachten. Glasgefäße werden bereits bei Zimmertemperatur davon angegriffen.

b) Die Löslichkeit der Kieselsäure wächst stark mit zunehmender Konzentration des P_2O_5. In Metaphosphorsäure (HPO_3) lassen sich bei 400° über 10 % SiO_2 lösen.

c) Solche Lösungen sind stark „übersättigt".

Die schon von Hautefeuille und Margottet[4]) beobachtete Verbindung SiP_2O_7 gelangt daraus in kristallinischer Form zur Abscheidung; sie erscheint für Wasser unlöslich,

[1]) Mylius.
[2]) Mylius, Groschuff.
[3]) Hüttner.
[4]) *Compt. rend.* **96.** *S. 1052. 1883.*

wird aber durch Lösungen von Alkali in die Komponenten zersetzt. In der Weißglühhitze zeigt sie sich dissoziierbar, indem sie unter Sublimation von Phosphorsäureanhydrid schmilzt und in Kieselerde übergeht.

d) Die *Lösungen* von Kieselsäure in Phosphorsäure enthalten schwer isolierbare Verbindungen beider Stoffe, welche sich von der Substanz SiP_2O_7 durch ihre Wasserlöslichkeit unterscheiden.

8. Haltbarkeit der Platingeräte[1].

Von der Firma W. C. Heraeus in Hanau wurde eine systematische Untersuchung der Störungen angeregt, welche der Angriff chemischer Agentien auf mannigfache Platingeräte zur Folge hat. Es handelt sich in der Technik darum, einerseits den Verlusten von Platin durch Zerstäubung oder Lösung des Metalls vorzubeugen, andererseits den Gerätschaften aus Platin bei ihrem Gebrauch eine länger währende mechanische Haltbarkeit zu sichern. Diese ist besonders durch gasförmige Stoffe vielfach gefährdet.

Es ist mit Versuchen begonnen worden, welche die Angreifbarkeit der *Platintiegel* durch Flüssigkeiten und geschmolzene Stoffe zum Gegenstand haben.

Bei der chemischen Analyse wirkt es sehr störend, daß *Kali*, *Soda* u. s. w. durch Glühoperationen mit beträchtlichen Mengen Platin verunreinigt werden. Es hat sich nun ergeben, daß diese Verunreinigung lediglich auf einer Oxydationswirkung beruht, und daß sie unterbleibt, wenn man den Sauerstoff der Luft durch Verdrängen mit Kohlensäure oder Wasserdampf fernhält.

Ebenso ist der starke Angriff, welchen erhitzte *Phosphorsäure* auf das Platin ausübt, von der Mitwirkung des atmosphärischen Sauerstoffs abhängig; wenn man diesen fernhält, unterbleibt der Angriff.

9. Reines Eisen[2].

Zur Gewinnung von reinem Eisen für Fundamentalversuche können verschiedene Methoden in Betracht kommen.

Die Technik gelangt bei ihren Reinigungsverfahren zu einer Grenze, welche einer Gesamtverunreinigung von etwa 0,2 % des Eisens entspricht. Hieran sind nach einer Mitteilung der Firma Krupp die Elemente Kupfer, Nickel, Mangan, Aluminium, Silizium, Arsen, Phosphor, Schwefel beteiligt.

Die oft versuchte *chemische* Reinigung auf nassem Wege ist nur im kleinsten Maßstabe durchführbar; sie erfordert einen großen Aufwand von Zeit und hat nur selten befriedigende Ergebnisse geliefert. Der Umstand, daß das Material immer aufs neue mit unvorhergesehenen Stoffen verunreinigt wird, gilt namentlich auch für die endgültigen Schmelzoperationen, für welche es an einwandfreien Gefäßen fehlt.

Ebenso hat sich das *elektrolytische* Verfahren für die Reinigung nicht bewährt.

Versuche zur Verbesserung der *chemischen* Reinigungsmethoden und der Schmelzoperationen sind im Gange.

10. Pyrogene Reaktionen von Salzen[3].

Zur Frage nach den pyrogenen Reaktionen salzartiger Stoffe bei höherer Temperatur wurden Beiträge geliefert durch noch nicht abgeschlossene Versuche über die verschiedenen Chromate des Kaliums, deren Schmelzdiagramm nach der Methode von Tammann verfolgt wurde.

VI. Arbeiten der Werkstatt.

Den Gegenstand größerer Arbeiten bildeten
- 1 Interferenzapparat zur Prüfung von Planflächen,
- 1 Glühlampenwiderstand,
- 1 Stativ für einen kleinen schwarzen Körper,
- 1 Torsionsapparat,
- 1 Stativ zu Untersuchungen von Elektrizitätszählern,
- 4 Stative zu Silbervoltametern,
- 5 Quecksilberwippen,

[1]) Mylius, Hüttner.
[2]) Mylius, Groschuff.
[3]) Groschuff.

1 Fadendynamometer,
1 Funkenmikrometer,
1 Verdampfungskalorimeter,
1 Vorrichtung zum Ausmessen photographischer Platten.

Mit Beglaubigungs- und Prüfungsstempel wurden versehen

89 Bolzen, Spindeln und Maßstäbe,
43 Stimmgabeln,
203 Normalelemente und Widerstände,
62 Stähe und Streifen aus Eisen und Stahl für magnetische Untersuchungen,
111 Hefnerlampen,
25 Fassungen für Quarzplatten,
1 Kalorimeter.

Der Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt
(gez.) Warburg.

Anhang.

Veröffentlichungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

Allgemeines.

1. Wissenschaftliche Abhandlungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt. Bd. 4. Hft. 2. Berlin, J. Springer 1905. *S. 131—266.*
2. Internationale Konferenz über elektrische Maßeinheiten vom 23. bis 25. Oktober 1905 in Charlottenburg. Gedruckt in der Reichsdruckerei.

Abteilung I.

Amtliche Veröffentlichungen.

3. Holborn und Austin, Über die spezifische Wärme der Gase in höherer Temperatur. *Sitzungsber. d. Berl. Akad. 1905. S. 175—178; Wiss. Abh.* ***4.*** *S. 131—150. 1905.*
4. Holborn und Henning, Über die spezifische Wärme des überhitzten Wasserdampfs. *Ann. d. Physik* ***18.*** *S. 739—756. 1905.*
5. Holborn und Henning, Über die Lichtemission und den Schmelzpunkt einiger Metalle. *Sitzungsber. d. Berl. Akad. 1905. S. 311—317.*
6. Jaeger und v. Steinwehr, Beitrag zur kalorimetrischen Messung von Verbrennungswärmen. *Zeitschr. f. phys. Chem.* ***53.*** *S. 153—165. 1905.*
7. Scheel. Ableitung von Formeln für die Sättigungsdrucke des Wasserdampfes über Wasser, Eis und verdünnter Schwefelsäure bei niedrigen Temperaturen. *Verhandl. d. Deutsch. Physikal. Gesellsch.* ***7.*** *S. 391—394. 1905; Physik. Zeitschr.* ***6.*** *S. 867—868. 1905.*
8. Diesselhorst, Berechnung von Wärmeleitungsversuchen nach einer graphischen Methode. *Wiss. Abh.* ***4.*** *S. 185—191. 1905.*
9. Grüneisen, Über die Gültigkeit des Poiseuilleschen Gesetzes bei Bewegung tropfbarer Flüssigkeiten durch gerade und gewundene Kapillaren. *Ebenda* ***4.*** *S. 151—184. 1905.*
10. Grüneisen. Über die innere Reibung wäßriger Salzlösungen und ihren Zusammenhang mit der elektrolytischen Leitung. *Ebenda* ***4.*** *S. 237—266. 1905.*
11. Jaeger und Diesselhorst. Die Quecksilbernormale der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt für das Ohm (Fortsetzung III). *Ebenda* ***4.*** *S. 193—205. 1905.*
12. Jaeger und Lindeck, Über die Konstanz von Manganinwiderständen. Anhang des „Berichts der Internationalen Konferenz über elektrische Maßeinheiten“ *S. 63—67.*

13. Jaeger und Lindeck, Über die Konstanz von Normalwiderständen aus Manganin. (Zweite Mitteilung). *Diese Zeitschr.* ***26.*** *S. 15—27. 1906.*
14. v. Steinwehr, Vorläufige Mitteilung über den Einfluß der Korngröße auf das elektromotorische Verhalten des Merkurosulfats. *Ebenda* ***25.*** *S. 205—208. 1905.*
15. Diesselhorst, Photographische Registriermethode für den zeitlichen Verlauf von Galvanometerausschlägen. *Verhandl. d. Deutsch. Physikal. Gesellsch.* ***7.*** *S. 32—33. 1905.*
16. Gehrcke, Über Interferenzpunkte. *Ebenda* ***7.*** *S. 237—241. 1905.*
17. Gehrcke und v. Baeyer, Über die Trabanten der Quecksilberlinien. *Sitzungsber. d. Berl. Akad. 1905. S. 1037—1042.*

Private Veröffentlichungen.

18. Kohlrausch, Lehrbuch der praktischen Physik. XXVIII, 656 S. Leipzig, B. G. Teubner 1905.
19. Warburg, Über die Ozonisierung des Sauerstoffs und der atmosphärischen Luft durch die Entladung aus metallischen Spitzen. *Ann. d. Physik* ***17.*** *S. 1—29. 1905.*
20. Warburg, Über die Reflexion der Kathodenstrahlen an dünnen Metallblättchen; nach Versuchen von S. Williams mitgeteilt. *Ebenda* ***17.*** *S. 977—985. 1905.*
21. Warburg, Über die Wirkung der Bestrahlung, den Einfluß der Temperatur und das Verhalten der Halogene bei der Spitzenentladung; nach Versuchen von F. R. Gorton mitgeteilt. *Ebenda* ***18.*** *S. 128—139. 1905.*
22. Warburg, Bemerkungen über die chemische Wirkung der stillen Entladung. *Verhandl. d. Deutsch. Physikal. Gesellsch.* ***7.*** *S. 291. 1905; Physik. Zeitschr.* ***7.*** *S. 23. 1906.*
23. Warburg, Über die Zersetzung des Kohlenoxyds durch die Spitzenentladung, nach Versuchen von T. Noda mitgeteilt. *Ann. d. Physik* ***19.*** *S. 1—13. 1906.*
24. Jaeger, *Electrical Standards. Transactions of the Electrical Congress St. Louis 1904* ***1.*** *S. 331—342. 1904.*
25. Gehrcke, Über eine Interferenzerscheinung am Stufengitter. *Ann. d. Physik* ***18.*** *S. 1074—1076. 1905.*
26. Gehrcke, Über elektrische Wellen. *Arch. d. Math. u. Phys.* ***9.*** *S. 150—157. 1904.*
27. Valentiner und Schmidt, Über eine neue Methode der Darstellung von Neon, Krypton und Xenon. *Ann. d. Physik* ***18.*** *S. 187—197. 1905.*
28. Dorn, Baumann und Valentiner, Über die Einwirkung der Radiumemanation auf pathogene Bakterien. *Physik. Zeitschr.* ***6.*** *S. 497—500. 1905.*
29. Leithäuser, Bemerkung zu der Arbeit des Hrn. Becker: „Messungen an Kathodenstrahlen". *Ann. d. Physik* ***18.*** *S. 410—412. 1905.*

Abteilung II.

Amtliche Veröffentlichungen.

30. Bekanntmachung über Prüfungen und Beglaubigungen durch die Elektrischen Prüfämter, Nr. 6, 7, 8, 9, 10 u. 11. *Zentralbl. f. d. Deutsche Reich 1905. S. 56, 97, 100, 126, 234; Elektrotechn. Zeitschr.* ***26.*** *S. 463—470, 599—606, 964—966 u. 1134—1136. 1905.*
31. Gehrcke, Über anodisches Glimmlicht. *Verhandl. d. Deutsch. Physikal. Gesellsch.* ***7.*** *S. 63—70. 1905.*
32. Gehrcke, Glimmlicht-Oszillograph. *Diese Zeitschr.* ***25.*** *S. 33—37. 1905.* — Zweite Mitteilung. *Ebenda* ***25.*** *S. 278—280. 1905.*
33. Gehrcke, Über die Messung der Wellenlänge elektrischer Schwingungen. *Elektrotechn. Zeitschr.* ***26.*** *S. 697—700. 1905.*
34. Lindeck, vgl. Jaeger und Lindeck.
35. Gumlich, Versuche mit Heuslerschen Mangan-Aluminium-Kupfer-Legierungen. *Ann. d. Physik* ***16.*** *S. 535—550. 1905; Elektrotechn. Zeitschr.* ***26.*** *S. 203—207. 1905.*
36. Gumlich und Rose, Über die Magnetisierung durch Gleichstrom und durch Wechselstrom. *Wiss. Abh.* ***4.*** *S. 207—236. 1905; Elektrotechn. Zeitschr.* ***26.*** *S. 503—509. 1905.*

37. Gumlich und Rose, Vergleichende magnetische Untersuchungen mit den Eisenprüfapparaten von Epstein, Möllinger und Richter. *Elektrotechn. Zeitschr.* **26.** *S. 403—411. 1905.*

38. Hoffmann und Rothe, Über das Registriergalvanometer von Siemens & Halske und eine damit gefundene Anomalie im flüssigen Schwefel. *Diese Zeitschr.* **25.** *S. 273—278. 1905.*

39. Hoffmann und Rothe, Über eine Zustandsänderung des flüssigen Schwefels. *Zeitschr. f. phys. Chem.* **55.** *S. 113—124. 1906.*

40. Schönrock, Über die Abhängigkeit des Temperaturkoeffizienten der spezifischen Drehnng des Zuckers von der Temperatur nnd der Wellenlänge. Ber. d. V. Intern. Kongr. f. angew. Chem. Berlin 1903. Bd. 3. Berlin 1904. *S. 100—104.*

41. Mylius und Dietz, Über das Chlorzink. Studien über die Löslichkeit der Salze XIV. *Ber. d. Deutsch. chem. Gesellsch.* **38.** *S. 921—923. 1905; Zeitschr. f. anorg. Chem.* **44.** *S. 209—220. 1905.*

42. Mylius und Meusser, Über die Anwendharkeit von Quarzgeräten im Laboratorium. *Zeitschr. f. anorg. Chem.* **44.** *S. 221—224. 1905.*

43. Groschuff, Über die Jodsäure. *Ebenda* **47.** *S. 331—352. 1905.*

44. Mylius und Groschuff, α- und β-Kieselsäure in Lösung. *Ber. d. Deutsch. chem. Gesellsch.* **39.** *S. 116—125. 1906.*

Private Veröffentlichungen.

45. Wiebe, Über die Verwendung ärztlicher Thermometer mit farbig hinterlegter Kapillarröhre. *Deutsche Mech.-Ztg. 1905. S. 168—170.*

46. Brodhun, Photometrie. In Winkelmanns Handbuch der Physik. 2. Aufl. Bd. VI. 1906. *S. 747—783.*

47. Hobson und Diesselhorst, Wärmeleitung. Encyklopädie d. math. Wiss. V, 1. Heft 2. Leipzig, B. G. Teubner 1905. *S. 161—231.*

48. Rothe, Über eine mechanische Auswertung der elliptischen Transzendenten. *Sitzungsber. d. Berl. Math. Gesellsch.* **4.** *S. 13—16. 1905.*

49. Rothe, Über die Bekleidung einer krummen Oberfläche mit einem biegsamen unausdehnbaren Netz. *Ebenda* **5.** *S. 9—15. 1906.*

50. Rothe, Untersuchungen über die geodätische Abbildung zweier Flächen konstanten Krümmnngsmaßes aufeinander. *Journ. f. Math. (Crelle)* (im Druck).

51. Gehrcke, Zur Deutung der Versuche mit N-Strahlen. *Physik. Zeitschr.* **6.** *S. 7—8. 1905.*

52. Hoffmann und Langbeck, Studien über Löslichkeitsbeeinflussnng. *Zeitschr. f. phys. Chem.* **51.** *S. 385—434. 1905.*

53. Malmström, Versuch einer Theorie der elektrolytischen Dissoziation unter Berücksichtignng der elektrischen Energie. 55 S. *Dissertation, Leipzig 1905.*

54. Oldiges, Über den Einfluß der Temperatur auf die Kapazität des Bleiakkumulators. 58 S. *Dissertation, Hannover.*

55. Schwirkus, Auf Zug beanspruchte Indikatorfedern. *Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing.* **49.** *S. 487—489. 1905.*

56. An der Bearbeitung der dritten Auflage der Landolt-Börnsteinschen Physikalisch-Chemischen Tabellen (Berlin, Julius Springer 1905) beteiligten sich folgende Beamte der Reichsanstalt: Blaschke, Gehrcke, Gumlich, Henning, Holborn, Rothe, Scheel, Schönrock, v. Steinwehr, Wiebe.

Referate.

Der Sondiertachygraph, Patent Reich-Ganser.

Von R. Reich. *Sonderabdruck aus Zeitschr. d. Österr. Ing.- u. Arch.-Vereines 1905. Nr. 24 und 25. gr. 8°. 36 S. mit 11 Fig.*

Bei der niederösterreichischen Donauregulierungskommission ist zur Herstellung des Höhenlinienplans der Stromsohle in den letzten Jahren nach einer von Baurat R. Halter erdachten Sondierungsmethode gearbeitet worden, bei der die Sondierzille vom einen Ufer auf das gegenüberliegende gerudert und einerseits von der Zille aus so oft als möglich sondiert, anderseits der von der Zille zurückgelegte Weg durch eine genügende Anzahl beliebig ausgewählter Punkte des Zillenlaufs tachymetrisch aufgenommen wird. Zu jeder Distanzablesung und zu jeder Sondierung wird durch Chronoskope und Sondenchronographen die genaue Zeit notiert. Die Orte der Sonden werden zwischen die einzelnen gemessenen Zillenwegpunkte nach Maßgabe der Zeitdifferenzen eingeschaltet. Die Ausbreitung des Fahrtennetzes über das aufzunehmende Stück der Stromsohle war aber dabei dem Zufall überlassen: bei der Aufnahme selbst im Feld hatte man kein Bild der Zillenweglinien vor Augen, die im Sondierungsnetz gebliebenen Lücken wurden erst beim Auftragen sichtbar. Die große Bureauarbeit wurde besonders als Nachteil der Halterschen Methode empfunden; an der Donau wurden auf 1 *km* Stromlänge etwa 14 bis 16 Zillenfahrten gemacht, wobei die Zille je etwa 15-mal vom Ufer aus tachymetrisch eingemessen wurde, und wobei auf jeder Fahrt 20 bis 25 Sondierungen gemacht wurden; neben dem Eintragen von 2000 bis 2500 Zillenwegpunkten waren also etwa 2800 bis 3500 Sonden in den Plan einzuschalten, bevor für eine Stromstrecke von 10 *km* die Schichtlinien der Stromsohle konstruiert werden konnten.

Das Instrument des Verf. soll, mit Beibehaltung der *frei* überfahrenden Zille, die Bureauarbeiten auf die Reduktion der Sonden auf eine bestimmte Nullebene und die Konstruktion der Schichtlinien beschränken; es muß also gestatten, die Zillenwege sogleich an Ort und Stelle im Lageplan darzustellen, und zwar nach *den* Punkten, in denen sondiert ist: das Instrument soll eine graphische Schnellmeßmethode bei Stromsondierungen ermöglichen. Bei den bisherigen Distanzmessern ist stets die Ablesung einer Teilung erforderlich, sei es die der Latten, sei es (wie bei Benutzung des Hogrewe-Stampferschen Prinzips) die der Trommel einer Schraube am Instrument. Da die einzelnen Peilungen hier in sehr kurzen Zeitabständen sich folgen, so kann von Ablesung einer Teilung und darauf gegründeter Rechnung kaum die Rede sein; der Pikierstift auf der Meßtischplatte des Tachygraphen muß vielmehr automatisch, durch die für die Einstellung des Fernrohrs notwendige Bewegung, vom Mittelpunkt des Instruments die Entfernung D/M erhalten, wenn D die Entfernung des Sondenpunkts und $1:M$ der Längenmaßstab der Aufzeichnung ist. Übrigens sollte das Instrument nicht *allein* als Sondiertachygraph, sondern auch zu anschließenden Geländeaufnahmen (Ufergelände, Geschiebebänke u. s. f.) brauchbar sein.

Das nach dem Plan des Verf. vom Mechaniker Ganser in Wien (VII, Neustiftgasse 94) gebaute Instrument wird durch die zwei umstehenden Figuren veranschaulicht.

Über dem Körper D (Fig. 1 u. 2) mit Fußschrauben zum Aufsetzen auf das starke Stativ mit Magnaliumkopf sitzt auf dem Zentralzapfen C_1 der untere Alhidadenteil. Auf diesem liegt auf den zwei Konsolen K das Zeichenbrett B zur Aufnahme des Plans, ferner ruht auf der starken Konsole R der Limbus E (Teilkreis mit $^1/_3{}^\circ$-Teilung und Nonienlesung auf 1', für die Hauptanwendung des Instruments ganz unwesentlich und nur dort in Betracht kommend, wo die *graphische* Tachymeterarbeit durch *numerische* tachymetrische Aufnahme ersetzt werden soll), darüber der Zahnkranz Z_2 und die Buchse des zweiten, eigentlichen Alhidadenkonus C_2. Das Mikrometerwerk des ganzen Oberteils des Instruments ist K_1, S_1. An der Wand der Konsole R ist die Zentriervorrichtung Z_1 befestigt, mittels deren die Stehachse des Instruments über einen gegebenen Punkt des Plans gebracht werden kann. Der obere Teil der Alhidade ist für sich drehbar und mit dem Mikrometerwerk K_2, S_2 versehen. Auf den zwei Fernrohr-

trägern t_1 und t_2 sind zwei Fernrohre F und f angebracht. Die an t_1 sitzende Griffschraube G_2 greift mit dem Trieb T_2 in den Zahnkranz Z_3 ein. Zwischen t_1 und t_2 laufen in Führungen zwei Zahnstangen Z_1 und Z_2, die durch den Trieb T_1 der Griffschraube G_1 bewegt werden. An Z_2 ist unten der Pikierstift P befestigt, mit Z_1 fest verbunden ist die Teilung T und am vordern Ende die Mikrometerschraube M, von 1 *mm* Ganghöhe, deren Umdrehungen an der an m angebrachten Skale und an der Trommel O abgelesen werden können (was aber wieder nur für Geländeaufnahmen in Betracht kommt, nicht für die wichtigste Anwendung des Instruments). Die Trommel trägt noch drei längere Striche, mit 1, 2, 3 bezeichnet. Die Schraubensteilung Null an Skale und Trommel entspricht horizontaler Ziellinie des Fernrohrs.

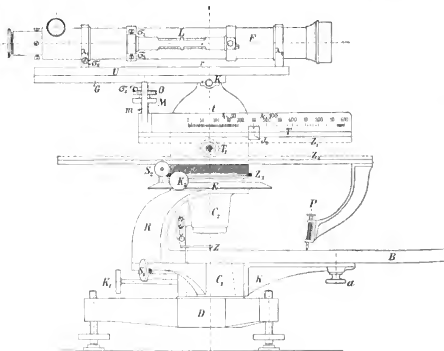


Fig. 1.

Bei der Bewegung der Zahnstange Z_1 durch G_1 T_1 gleitet das Ende der Mikrometerschraube M längs der Gleitschiene G, mit der die Fernrohrlager λ_1 und λ_2 fest verbunden sind. Das Fernrohr F trägt seitlich die Wendelibelle L, das zweite Fernrohr f ist geklemmt und kann nur mit S_3 um die Achse KK fein bewegt werden. Beide Fernrohre haben 40 *mm* Öffnung und 30-fache Vergrößerung.

Als Längenmaßstab der Aufnahme ist 1 : 2000 angenommen; der Distanzänderung 1 *m* in der Natur entspricht also die Längsverschiebung $^1/_2$ *mm* der Zahnstange Z_2 und, da durch den Trieb T_1 das Übersetzungsverhältnis $^2/_3$ eingeschaltet ist, die Längsverschiebung $^1/_2 \cdot {}^2/_3 = {}^1/_3$ *mm* der Zahnstange Z_1. Auch einer Höhenveränderung von 1 *m* in der Natur entspricht eine Verschiebung der Mikrometerschraube M um $^1/_3$ *mm*.

Als Latte oder hier besser Zielscheibenstange gehört zur Ausrüstung noch eine in der Sondierzille aufrecht zu haltende Stange aus zwei ineinander geschobenen Messingrohren, an der zwei Zieltafeln im konstanten Abstand 2 *m* oder 3 *m* voneinander verschoben werden können.

Nach Besprechung der Rektifikation des Instruments wendet sich der Verf. zur Anwendung, zunächst bei der Sondierungsaufnahme: es sei (Fig. 3) Z der Ort der Zille, an dem sondiert wird, P der Aufstellungspunkt, K der Achsenschnittpunkt des Instruments, S die in der Zille vertikal gehaltene Zielscheibenstange, an der die zwei Marken M_1 und M_2, in festem Abstand voneinander, verschoben werden können, derart, daß die „Horizontmarke" M_1 horizontaler Zielung des Instrumentenfernrohrs F entspricht, die Distanzmarke M_2 aber in der konstanten Höhe H darunter sich befindet. Die Mikrometerschraube M wird nun um $h = H/M$ gehoben, wenn $M = 2000$, nämlich 1:2000 der Maßstab des Plans ist. Die Gleitschiene G und die Ziellinie des Fernrohrs F wird dadurch geneigt; durch Drehung

Fig. 2.

der Griffschraube G_1 wird nun M in der Längsrichtung so lange verschoben, bis M_2 in die Ziellinie von F kommt. Es ist dann $d = D \cdot \frac{H}{h} = \frac{1}{M} \cdot D$. Für jede andre Entfernung der Sondierzille ist nur die Mikrometerschraube so lange an der Gleitschiene zu verschieben, bis die Ziellinie des Fernrohrs F wieder M_2 trifft. Die Pikiernadel ist nicht unmittelbar mit der Mikrometerschraube verbunden, weil damit der Plan um 180° gedreht aufgetragen, auch die Arbeit behindert würde; es greift vielmehr T_1, wie bereits angegeben, gleichzeitig in die parallel mit Z_1 liegende Zahnstange Z_2 ein, an der der Pikierstift sitzt.

Ein wichtiger Einwand, der bei Sondierungen auf *stehenden* Gewässern wegfiele, ist nun aber folgender: da die Sondierzille flußabwärts „abrinnt" und damit die Zielung nach M_1 nicht horizontal bleibt, nachdem im Anfangspunkt der Fahrt M_1 in die Horizontale des Instruments eingehoben worden ist, so würde ohne Berücksichtigung des, wenn auch kleinen, Stromgefälls ein Fehler entstehen: diesem soll das zweite Fernrohr f begegnen, das kurz als

Gefällfernrohr bezeichnet werden kann. Bei horizontaler Visur liegen die Ziellinien der zwei Fernrohre F und f, wie schon erwähnt, in einer Horizontalebene, die Kippachsen beider sind aber unabhängig voneinander, sodaß, wenn die Horizontalmarke M_1 in die mit der Libelle genügend horizontal gelegte Ziellinie von F gebracht und auch f auf M_1 eingestellt ist, die Ziellinie von f für einen bestimmten Instrumentenstand genügend horizontal bleibt, wenn die Stehachse des Instruments genügend vertikal gerichtet und der Winkel zwischen der Ziellinie von f und seiner Umdrehungsachse genügend ein rechter ist; geht also die Ziellinie von f über M_1 hinaus um den Betrag x, so muß man mit F statt nach M_2 nach einem Punkt zielen, der um x höher liegt als M_2. Um dieses x in f ablesen und bei der Einstellung von F berücksichtigen zu können, haben die Scheiben M_1 und M_2 über und unter den kräftigen roten Mittelstrichen kurze Halbdezimeterteilungen mit Bezifferung jedes *dm*-Strichs durch kräftige Zahlen. Bei der Messung auf einem Strom hat man nicht nur mit dem Fernrohr F zu tun, sondern muß von Zeit zu Zeit durch f die Größe x ablesen und bei der Einstellung mit F auf M_2 berücksichtigen. Dies ist jedenfalls eine in Beziehung auf die Bequemlichkeit der Messung wenig willkommene Notwendigkeit und auch in Beziehung auf die erreichbare Genauigkeit der Distanzmessung nicht günstig; es sollte versucht werden, diesen Mangel auf konstruktivem Wege wegzuschaffen. Dem Instrument jedoch, wegen dieser Ablesung an den Halbdezimeterlattenstücken seine „äußerst geringe Genauigkeit“ vorzuwerfen und vorherzusagen, daß es „sich praktisch nicht bewähren dürfte“ (Dr. Doknlil, *Der Mechaniker* **13.** *S. 239. 1905*) geht zu weit; es handelt sich bei allen solchen Instrumenten in der Regel nicht um die ihrem Konstruktionsprinzip gemäß überhaupt erreichbare Genauigkeit, sondern darum, ob die durch die Konstruktion *erlangte* Genauigkeit *für den vorliegenden Zweck genügend* ist. Ist z. B. hier der Entfernungsfehler von $^1/_{200}$ oder $^1/_{100}$ erträglich, der bei der Anwendung der Halbdezimeter-Lattenstücke und dem Umstand, daß f nicht innerhalb 10″ oder selbst 20″ (einer Ablesungsdistanz auf 500 *m* Entfernung von $2^1/_2$ oder selbst 5 *cm* entsprechend) horizontal bleiben wird, leicht vorkommen kann? Die Frage ist bei den Zwecken, denen das Instrument zu dienen hat, zu bejahen. Auch kann der Verf. der hier besprochenen Broschüre berichten, daß das Instrument bereits in zwei Exemplaren bei der Donauregulierungskommission in Gebrauch steht und *praktisch erprobt* ist. „Die mit dem Sondiertachygraphen durchgeführten Aufnahmen haben in der Praxis alle jene Anforderungen gerechtfertigt, welche nach dem Vorstehenden an den Apparat gestellt werden konnten“; der Genauigkeitsgrad sei ein bedeutend höherer gewesen als bei dem seitherigen Halterschen Verfahren, das doch jedenfalls bereits dem vorliegenden Zweck entsprochen hatte. Der Verf. hätte nur, so sicher die Genauigkeit der Messung praktisch oder technisch häufig nicht das allein Ausschlaggebende, ja häufig von untergeordneter Bedeutung ist, nicht unterlassen sollen, das Material mitzuteilen, auf Grund dessen eine absolute Genauigkeitsberechnung oder ein Genauigkeitsvergleich mit andern Instrumenten und Verfahren möglich ist. Der Ref. hat diese Forderung schon für viele Instrumente hier erhoben; der Erfinder des vorstehend besprochnen holt vielleicht diesen Nachweis noch nach.

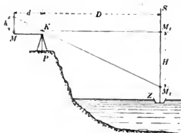


Fig. 3.

Auf die Verwendung des Instruments für „Terrainaufnahmen“ soll hier nicht eingegangen werden; sie ist zwar ebenfalls genügend einfach, doch wird das Instrument für diese Arbeit den sonstigen Tachymetertheodoliten und Tachygraphometern sich kaum als ebenbürtig zeigen. Ref. kennt das Instrument nicht aus praktischem Gebrauch und will also kein endgültiges Urteil fällen. Auch hier wären *Zahlen* über die Leistungen nach Menge (und Schärfe) erwünscht. Zuzugeben ist jedenfalls, daß es angenehm sein kann, die Einmessung (und zugleich Eintragung) der Stromsondierungspunkte und Geländeaufnahme am Ufer (auch Aufnahme von Sand- und Geschiebebänken u. s. f. im Strom) mit *demselben* Instrument machen zu können.

Hammer.

Höhenkotenrechner.

Von Gjuran und Petritsch. *Zeitschr. d. Österr. Ing.- u. Arch.-Vereines.* **57.** *S. 451. 1905.*

Es wird über die Demonstration eines Recheninstruments berichtet, das „zur Erleichterung der Berechnung der Höhenkoten von Nivellementspunkten, hauptsächlich bei Flächennivellements“ dienen soll. Es besteht aus einer auf dem innern Rand eines Kreisrings aufgetragenen gleichförmigen Skale *A*, in der, auf dem Rand einer konzentrischen Scheibe aufgetragen, eine zweite gleiche, aber in entgegengesetztem Sinn bezifferte Teilung *B* sich drehen läßt; endlich ist ein Alhidadenarm, aus durchsichtigem Stoff, mit Indexstrich, der über *A* und *B* hinwegreicht, vorhanden, ebenfalls um den Mittelpunkt des Ganzen drehbar. Der Gebrauch versteht sich wohl von selbst: die Rechenscheibe soll die Addition der Lattenablesung rückwärts (auf Pflock bei Querprofilen oder Festpunkt bei Flächennivellements) und die Subtraktion der Zwischen- und Vorwärtsablesungen an der Latte durch *mechanische* Rechnung vereinfachen.

Der Ref. glaubt jedoch, daß hier über das den graphisch-mechanischen Rechenvorrichtungen gesteckte Ziel hinausgeschossen ist; da die einfachen Lattenablesungen selbst, nicht Funktionen davon, in die nur aus Addition und Subtraktion bestehende Rechnung eingehen, so ist ein Bedürfnis nach einem solchen Instrument kaum vorhanden, selbst wenn es dadurch etwas bequemer gemacht würde, daß es für die bei Querprofilen und Flächennivellements allein in Betracht kommende *cm*- statt *mm*-Rechnung eingerichtet würde. Die ganze Rechnung ist im Vergleich mit der einfachen Ziffernrechnung sicher *nicht* bequemer; ja die gegenläufige Bezifferung der Skalen *A* und *B* wird sehr leicht zu Versehen Veranlassung geben.

Der Apparat wird von Fromme in Wien angefertigt und kostet in Zellhorn-Ausführung etwa 10 M. *Hammer.*

Über die Methoden zur Beobachtung von Neigungswellen.

Von Fürst B. Galitzin. 144 S. m. 80 Fig. Petersburg 1905.

Einer der Hauptnachteile der in der Seismometrie so viel verwandten Pendelapparate, und zwar sowohl der Horizontal- als auch der Vertikalpendel — wie die Differentialgleichungen der Bewegung beider Arten von Pendeln zeigen, besteht kein prinzipieller Unterschied zwischen ihnen — ist der, daß sich in ihren Aufzeichnungen Neigungen der Erdoberfläche von Horizontalverschiebungen nicht trennen lassen.

In der vorliegenden Abhandlung untersucht nun der Verf. theoretisch und experimentell, wie sich die Bewegung eines Horizontalpendels unter dem Einfluß der beiden Arten von Bewegungen des Bodens, Verschiebungen und Neigungen, gestaltet. Für die experimentelle Prüfung setzt er ein Horizontalpendel auf eine Plattform, der er mittels zweier Exzenter reine periodische Horizontalverschiebungen und reine periodische Neigungen sowie auch beide Bewegungen gleichzeitig erteilen kann. Besondere Einrichtungen ermöglichten, die Perioden bei beiden Bewegungsarten innerhalb ziemlich weiter Grenzen zu ändern.

In der theoretischen Entwicklung werden zwei Fälle unterschieden, nämlich 1. die Dämpfung der Pendelbewegung ist nicht sehr stark, und 2. die Bewegung des Pendels ist aperiodisch. Es ergibt sich, daß das Pendel Verschiebungen und Neigungen, jede Art der Bewegung für sich betrachtet, nur im 2. Falle richtig darstellt, also wenn es aperiodisch ist. Unter dem gleichzeitigen Einfluß von Verschiebungen und Neigungen wird die Bewegung sehr kompliziert. Sie setzt sich im 1. Falle aus drei verschiedenen Bewegungen zusammen, im 2. Falle, wenn also das Pendel aperiodisch ist, wird die Bewegung einfacher, sie besteht nur noch aus zwei sinusartigen Bewegungen, kann aber unter Umständen noch recht verwickelt ausfallen. Die mit Hülfe der Plattform ausgeführten Versuche haben das von der Theorie geforderte Verhalten der Pendel bestätigt.

Um das Pendel aperiodisch zu machen, war es mit einer elektromagnetischen Dämpfung versehen.

Die in der Abhandlung wiedergegebenen registrierten Kurven, bei denen sowohl die Bewegung der Plattform selbst als auch die resultierende Bewegung des Pendels aufgezeichnet ist, geben ein sehr instruktives Bild von dem Verhalten des Pendels.

Es zeigt sich, daß unter dem Einfluß reiner Verschiebungen der Plattform nur das aperiodische Pendel mit der Periode der Plattform übereinstimmt, wobei sich die Phase um eine Konstante unterscheidet. Dieses wurde bereits in einer früheren Abhandlung des Verf. (Zur Methodik der seismometrischen Beobachtungen, vgl. *diese Zeitschr.* **24.** *S. 300. 1904*) festgestellt. Auch bei Neigungsbewegungen werden die Perioden nur von dem aperiodischen Pendel richtig wiedergegeben, wobei ebenfalls eine Phasenverschiebung eintritt.

Bei gleichzeitiger Einwirkung von Verschiebungen und Neigungen zeigen sich auch bei dem aperiodischen Pendel die Bewegungen sehr verwickelt; eine Trennung des Einflusses von Verschiebungen und Neigungen ist unmöglich.

Es ergibt sich also die Notwendigkeit, für die Beobachtung von Neigungswellen andere Instrumente anzuwenden. Der Verf. untersucht dann eingehend das Davisonsche Bifilarpendel, dessen Bewegungsgleichung er zunächst ableitet, und das er ebenfalls experimentell prüft. Um die störende Wirkung der Verschiebungen unschädlich zu machen, stützt er den schwingenden Teil in der Mitte. Leider wird aber hierdurch die Empfindlichkeit des Instrumentes stark vermindert. Eine andere Abänderung, bei der die Unabhängigkeit von Verschiebungen durch elektromagnetische Dämpfung erzielt werden sollte, ergab wegen der Rückwirkung der Verschiebungen auf die Drehungen kein befriedigendes Resultat. Auch eine weitere Abänderung des Instrumentes, Anwendung gleicher Drahtlängen, wodurch ermöglicht wurde, Neigungen zu messen, erwies sich wegen ihrer Empfindlichkeit für sekundäre Einflüsse als nicht empfehlenswert.

Sehr viel bessere Ergebnisse lieferte eine sehr sinnreiche Einrichtung des Verf., die er Doppelpendel nennt. Sie besteht im wesentlichen aus zwei gleichen, bifilar aufgehängten Pendeln, die isochron schwingen, dieselbe Dämpfungskonstante haben, aber in verschiedener Höhe aufgehängt sind. Die Pendel sind mit gleicher elektromagnetischer Dämpfung versehen. Außerdem tragen beide noch identische Spulen zur elektromagnetischen Registrierung ihrer Bewegung mit Hülfe eines aperiodischen Galvanometers. Verbindet man nun die Spulen beider Pendel in der Weise mit dem Galvanometer, daß bei gleicher Verschiebung die Induktionsströme in der entgegengesetzten Weise durch die Windungen des Galvanometers laufen, so folgt, wenn man die Bewegungsgleichungen für die beiden Pendel aufstellt und sie voneinander subtrahiert, daß die registrierte Größe nur von der Neigung abhängt und ganz unabhängig von der Verschiebung ist. Die experimentelle Prüfung bestätigte dieses. Durch Erhöhung der Stromstärke in den Elektromagneten, in deren Felder sich die Registrierspulen bewegen, kann die Empfindlichkeit des Instrumentes fast beliebig erhöht werden. Die beiden Vertikalpendel können übrigens auch durch zwei Horizontalpendel ersetzt werden.

Schließlich bespricht der Verf. noch den Klinograph von Schlüter, den er nach Einführung elektromagnetischer Dämpfung und elektromagnetischer Registrierung für Erdbebenstationen zweiter Ordnung empfiehlt, während er für Stationen erster Ordnung das Doppelpendel für das geeignetste Instrument hält.

Es wäre sehr zu wünschen, daß die Leistungsfähigkeit des vielversprechenden Doppelpendels in der praktischen Seismometrie einer genauen Untersuchung unterzogen würde.

Hck.

Bestimmung der Masse eines Kubikzentimeter reinen Wassers.

Von H. Buisson. *Journ. de phys.* **4.** *S. 669. 1905.*

Die vorliegenden Versuche bilden die Fortsetzung der von J. Macé de Lépinay begonnenen Arbeiten, über welche in *dieser Zeitschr.* **15.** *S. 227. 1895;* **16.** *S. 219 u. 341. 1896.* **20.** *S. 27. 1900* berichtet ist.

Zu den gegenwärtigen Versuchen dienten zwei nahezu würfelförmige Körper aus Quarz von 4 und 5 *cm* Kantenlänge. Das Prinzip der angewendeten Methode besteht wie früher

darin, beide Körper sowohl durch Wägung im Wasser zu volumenisieren als auch die von ihnen eingenommenen Räume durch direkte metrische Ausmessung zu ermitteln. Die erste Aufgabe ist verhältnismäßig leicht zu lösen. Die hydrostatische Wägung ergab für beide Körper die Dichte

2,650738 bezw. 2,650663,

woraus sich auf Grund von Bestimmungen der Massen beider Würfel deren Volumen zu

59,88842 *ml* bezw. 122,66033 *ml* ergab.

Die zweite Aufgabe wurde mit Hülfe einer Methode gelöst, über welche in *dieser Zeitschr.* **25.** *S. 87. 1905* berichtet ist; sie beruht auf einer Kombination der Haidingerschen Ringe und der Talbotschen Streifen und gestattet eine Eliminierung des Brechungsindex. Die Haidingerschen Ringe wurden hervorgebracht von den an je zwei gegenüberliegenden Flächen des Würfels reflektierten Strahlen; die Talbotschen Streifen wurden dagegen von den Strahlen erzeugt, welche die Dicke des Würfels passiert hatten, und denjenigen, welche nur eine gleichdicke Luftschicht durchlaufen hatten. Es ist selbstverständlich, daß diese zweite Interferenzerscheinung nur in der Nähe der Kanten eines Würfels beobachtbar ist, eine absolute Auswertung der Würfeldicke ist also, wenn man auf die Kenntnis des Brechungsexponenten verzichten will, nur an den Rändern des Würfels ausführbar. Die relative Gestaltung der Würfelflächen wurde alsdann aus dem Aussehen der Interferenzkurven gleicher Dicke mit genügender Genauigkeit abgeleitet, um Dickenmittel in den drei Hauptrichtungen bilden zu können. Allerdings mußte man dabei für die Änderung des Brechungsexponenten, der ja gleichfalls das Aussehen der Interferenzkurven beeinflußt, nach seinem Wert an den Kanten des Würfels einfache Annahmen machen.

Nach der geschilderten Methode ergaben sich aus den Mittelwerten für die Dicke der Würfel in den drei Hauptrichtungen durch Multiplikation die Volumina beider Würfel zu

59,88998 *ccm* bezw. 122,66390 *ccm*,

woraus für das Verhältnis des Liter zum Kubikdezimeter die Werte

1,000026 bezw. 1,000029

folgen. Der letztere Wert, von dem Würfel von 5 *cm* Kantenlänge herrührend, ist noch nicht ganz definitiv. Immerhin scheint dem Verf. aber die Differenz zwischen den für beide Würfel erhaltenen Werten, die 3 *mg* für 1 *kg* entspricht, bereits an der Grenze der Beobachtungsfehler zu liegen. *Schl.*

Über eine Methode zum Studium von zeitlich veränderlichen Lichterscheinungen.

Von A. Turpain. *Compt. rend.* **141.** *S. 422. 1905.*

Die Arbeit schließt sich an eine von Abraham und Lemoine angegebene Methode zur Messung sehr kleiner Zeitintervalle an (vgl. *diese Zeitschr.* **20.** *S. 249. 1900*). Die Strahlen der zu untersuchenden Lichtquelle A (Fig. 1) fallen auf einen rotierenden Spiegel S und werden bei geeigneter Lage desselben mit Hülfe von in Fig. 1 nicht gezeichneten Linsen auf der photographischen Platte P konzentriert. Hinter der Lichtquelle A wird ein zweiter Spiegel M aufgestellt, der bei ruhendem Spiegel S ein Bild auf P wirft, das sich mit dem vorigen deckt. Wird nun der Spiegel in sehr rasche Drehung versetzt, so erleiden die beiden ursprünglich über einander fallenden Bilder eine Verschiebung λ gegen einander, die davon herrührt, daß der an M reflektierte Lichtstrahl einen um die Strecke $2\,AM = 2\,d$ längeren Weg zurückzulegen hat (Fig. 2). Die zeitliche Verzögerung ist daher gleich $2\,d/v$,



Fig. 1.



Fig. 2.

wo v die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes bedeutet. Macht nun der Spiegel N Umdrehungen in der Sekunde, so hat sich der an S reflektierte Lichtstrahl in $2\,d/v$ Sekunden um den Winkel $4\,\pi\,N \cdot 2\,d/v$ gedreht. Ist also der Abstand PS gleich a, so folgt $\lambda = 8\,\pi\,N\,d\,a/v$.

Werden λ, d, a gemessen, v als bekannt vorausgesetzt, so findet man Winkelgeschwindigkeit ω und Tourenzahl des Spiegels aus $\omega = 2\pi N = v\lambda/4da$.

Ist der Vorgang in A periodisch, z. B. eine oszillierende Funkenentladung, so entstehen zwei Bilderreihen. Aus der Verschiebung λ der beiden Bilderreihen gegen einander erhält man die Tourenzahl des Spiegels; aus dem Abstande λ' zweier Bilder derselben Reihe findet man die (volle) Periode T der Schwingung aus $\lambda' = 4\pi Na \cdot T/2$, d. h.

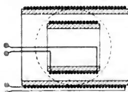
$$T = \lambda'/2\pi Na = 4d\lambda'/v\lambda.$$

Der Verf. hat die Methode benutzt, um die Funken im Geber und Empfänger für Hertzsche Wellen zu studieren. Resultate und Angaben über die gewählten Abmessungen sind nicht mitgeteilt. *E. O.*

Normale für gegenseitige Induktion.

Von G. F. C. Searle. *The Electrician* **56.** *S. 318. 1905.*

Das Normal besteht aus zwei koachsialen Spulen. Beide Spulen sind mit nur einer Lage Draht bewickelt und so gestellt, das ihre Mittelpunkte zusammenfallen. Die primäre Spule liegt außen, die sekundäre innen. Ein mit dem Radius der äußeren Spule um den gemeinschaftlichen Mittelpunkt geschlagener Kreis soll die innere Spule vollständig umschließen. Unter diesen Bedingungen ist es möglich einen gut konvergierenden Ausdruck für den gegenseitigen Induktionskoeffizienten abzuleiten. Es sei



$2L$	die Länge der äußeren Spule,	$2l$	die Länge der inneren Spule,
A	der Radius „ „ „	a	der Radius „ „ „
N	die Windungszahl „ „	n	die Windungszahl „ „

$$C^2 = L^2 + A^2.$$

Dann ist

$$M = \frac{2\pi^2 N n a^2}{C}\left[1 - \frac{A^2}{2C^4}\cdot\frac{4l^2 - 3a^2}{4} - \frac{A^2(4L^2 - 3A^2)}{8C^8}\cdot\frac{8l^4 - 20l^2a^2 + 5a^4}{8} - \ldots\right].$$

Der wirklich ausgeführte Apparat besitzt zwei sekundäre Spulen; die Abmessungen sind folgende:

$N = 200$	$L = 15{,}0$ *cm*	$A = 5{,}18$ *cm*	$C = 15{,}87$ *cm*
$n_1 = 200$	$l_1 = 3{,}11$ „	$a_1 = 4{,}10$ „	
$n_2 = 20$	$l_2 = 0{,}31$ „	$a_2 = 4{,}10$ „	

Daraus ergibt sich

$$M_1 = 0{,}000836 \text{ Henry} \qquad M_2 = 0{,}0000836 \text{ Henry}.$$

Da der Apparat nicht für Wechselstrommessungen bestimmt war, so waren die Spulen auf Messingrohre gewickelt. Die Art der Zuführung zu den Enden geht aus der Figur hervor. Leider sind keine Messungen mitgeteilt, aus denen man die Übereinstimmung von Theorie und Experiment ersehen könnte. *E. O.*

Neu erschienene Bücher.

Newcomb-Engelmanns Populäre Astronomie. 3. Aufl., hrsg. von Dr. H. C. Vogel, Direktor des Astrophysikalischen Observatoriums zu Potsdam. gr. 8°. X, 748 S. mit 198 Abb. im Text u. auf 12 Taf. Leipzig, W. Engelmann 1905. 15 M., geb. in Leinw. 16 M.

Zu den besten populär-wissenschaftlichen Büchern überhaupt gehört anerkanntermaßen Newcombs „Populäre Astronomie". In der deutschen, von Rudolf Engelmann, dem 1888 verstorbenen Buchhändler und Astronomen, bearbeiteten Ausgabe ist es neben Littrows „Wundern des Himmels" das meistgelesene populär-astronomische Werk. Selbst der Fach-

mann nimmt es nicht selten zur Hand, da es wissenschaftlich durchaus zuverlässig ist und infolge der gedrängten Form, in welcher der Stoff gegeben wird, eine Angabe oft leichter finden läßt als ein umfangreiches Spezialwerk.

Schritte die Wissenschaft nicht rastlos vorwärts, so könnte der Herausgeber einer Neuauflage eines Werkes wie des vorliegenden nichts Besseres tun, als das Original ungeändert abdrucken zu lassen. Da aber selbst das beste Werk heute rasch veraltet, so erwächst dem Herausgeber der folgenden Auflagen die einen vollständigen Überblick über das gesamte Gebiet der in dem Buche behandelten Wissenschaft erfordernde Aufgabe, durch Zusätze und Umgestaltung der verschiedenen Abschnitte das Werk auf der Höhe der Wissenschaft zu halten, dafür aber, besonders wenn eine Zunahme des Umfanges möglichst vermieden werden soll, andere Abschnitte, die jetzt nicht mehr von der Bedeutung sind wie früher, zu kürzen oder wegzulassen. Wie bei der zweiten Auflage, die der jetzige Herausgeber ebenfalls schon besorgt hat, so ist denn auch bei der dritten Auflage vom Herausgeber in dieser Weise verfahren worden.

Naturgemäß haben namentlich die der Spektralanalyse, Photometrie und Photographie gewidmeten Kapitel an Umfang zugenommen, denn auf diesen im Vergleich zu den übrigen noch sehr jungen Arbeitsgebieten der Astronomie sind seit Erscheinen der vorigen Auflage im Jahre 1892 die meisten Erfolge erzielt worden. Gerade auf diesem Gebiet ist aber der Herausgeber hervorragende Autorität und wurde außerdem noch aus dem Stabe seiner wissenschaftlichen Mitarbeiter von mehreren dieser Herren unterstützt.

In den Abschnitten über die physikalische Beschaffenheit der Sonne und über den Bau des Universums läßt Herausgeber, wie es zum Teil auch schon in den früheren Auflagen der Fall war, auf diesen Gebieten besondere Autorität genießende Forscher selbst zu Worte kommen. Ist es nun einerseits zwar recht interessant, diese Forscher ihre Ansichten selbst vertreten zu sehen, so kommen hierbei doch auch leicht Wiederholungen vor, und es hätten wohl die bereits für die erste Auflage im Jahre 1877 niedergeschriebenen Ansichten von Secchi und Faye diesmal nur auszugsweise, in referierender Form wiedergegeben werden können, wobei der Leser auf das Irrige mancher dieser Ansichten, z. B. einer nach Millionen Grad zählenden Temperatur der Sonne, sofort hätte aufmerksam gemacht werden können. An anderer Stelle sind natürlich die heute herrschenden Ansichten ausführlich mitgeteilt, es besteht aber die Gefahr, daß ein Leser, der das Buch nicht Seite für Seite, sondern auch bisweilen ein Kapitel aus der Mitte heraus vornimmt, sich eine längst veraltete Ansicht aneignet, weil er nicht ahnt, daß an anderer Stelle, in dem angezogenen Falle 35 Seiten früher, eine stark abweichende, besser begründete Meinung zu finden ist.

Um nur einige Punkte herauszugreifen, wo Herausgeber das Werk auf den heutigen Standpunkt der Wissenschaft gehoben hat, wollen wir erwähnen die Ansichten neuerer Forscher über die Phänomene auf der Sonne, die Bredichinsche Theorie der Kometenschweife, die vermutete Identität der die Kometenschweife erzeugenden Repulsivkraft mit dem Lichtdruck, die Erforschung der Polhöhenänderung, die durch den japanischen Astronomen Kimura erfolgte Auffindung eines bei der Bewegung des Poles vorkommenden Gliedes von jährlicher Periode, die Kapteynsche photographische Methode der Bestimmung von Fixsternparallaxen und die Bestimmung der Sonnenparallaxe aus Beobachtungen des Planetoiden Eros.

Da die letzterwähnte Methode alle anderen, den gleichen Zweck verfolgenden an Genauigkeit weit überragt, so ist der Abschnitt, welcher die Bestimmung der Sonnenparallaxe aus Vorübergängen der Venus vor der Sonnenscheibe behandelt, mit Recht gekürzt worden, ja er könnte gewiß eine noch viel stärkere Kürzung vertragen. Beim Erscheinen der ersten englischen und deutschen Auflage in den Jahren 1878 und 1881 besaß die Methode der Bestimmung der Sonnenparallaxe aus Venusdurchgängen ein hohes aktuelles Interesse, da 1874 ein Vorübergang der Venus vor der Sonnenscheibe stattgefunden hatte, und für 1882 wieder einer zu erwarten war. Die größeren Kulturstaaten wandten damals bedeutende Mittel auf zur Ausrüstung von Expeditionen, damit auf diese, damals beste, Methode die

Sonnenparallaxe oder, was auf dasselbe hinauskommt, die Entfernung der Erde von der Sonne möglichst genau gefunden würde. Heute fällt das aktuelle Interesse jedoch vollkommen fort, da im laufenden Jahrhundert kein Venusdurchgang stattfinden wird; zudem hat die Methode bei den Venusdurchgängen von 1874 und 1882 die auf sie gesetzten Erwartungen nicht recht befriedigt und steht, wie gesagt, hinter der den 1898 entdeckten Eros benutzenden weit zurück, Gründe genug, um ihrer Besprechung keinen gar großen Raum mehr zuzugestehen.

Einen wesentlichen Fortschritt gegen die früheren Auflagen geben die Abbildungen zu erkennen. Viele, allerdings recht mäßige Holzschnitte sind beseitigt und neue, bessere eingefügt. Insbesondere werden dem Leser mehrere Abbildungen von modernen astronomischen Instrumenten und Sternwartenbauten sowie auf zwölf Tafeln schöne Darstellungen der verfinsterten Sonne, von Nebelflecken u. s. w. vorgeführt.

Die letzten Seiten des Textes, welche sich mit der „Vielheit der Welten" oder, anders ausgedrückt, mit der Bewohnbarkeit anderer Himmelskörper beschäftigen, sind von der ersten Auflage unverändert übernommen.

Daß die biographischen Skizzen nur an manchen Stellen gekürzt, nicht aber weggefallen sind, wird der Leser dem Herausgeber jedenfalls Dank wissen.

Ein sehr spezielles, 24 Seiten umfassendes Register bildet den Schluß des Werkes.

Das Ziel. das sich der Herausgeber gesteckt hatte, das Werk auf den neuesten Standpunkt der Forschung zu bringen und ihm dabei doch seine Eigenart. der es seine Beliebtheit verdankt, zu erhalten, hat er in der Tat erreicht. *Kn.*

P. Duhem, *La Théorie physique: son objet et sa structure.* 8°. 454 S. Paris 1905.

J. E. W. Wallin, *Optical Illusions of Reversible Perspective. Historical and experimental researches.* 8°. VI, 330 S. m. Fig. Montclair, N. J., 1905. 12 M.

H. Schoentjes, *Cours de Physique expérimentale de l'Université de Gand.* 3. Aufl. 2 Bde. gr. 8°. 236 u. 528 S. m. Fig. Gand 1905. 15 M.

Abhandlungen, Wissenschaftliche, der Kaiserl. Normal-Eichungs-Kommission. (Fortsetzung der „Metronomischen Beiträge".) 4°. Berlin, J. Springer.

6. A. Leman, Über die gleichzeitige Bestimmung der Teilungsfehler zweier Maßstäbe durch die Methode des Durchschiebens. 75 S. m. 2 Fig. 1906. 5 M.

S. Mauderli, Die Interpolation und ihre Verwendung bei der Benutzung u. Herstellung mathemat. Tabellen. gr. 8°. 147 S. Solothurn, A. Lüthy 1906. 3,60 M.

E. Bouty, *Radiations, Electricité, Ionisation, Applications de l'Electricité, Instruments divers.* 8°. VI, 420 S. m. 104 Fig. Paris 1906. 6,80 M.

M. Jakob, Technisch-physikalische Untersuchungen v. Aluminium-Elektrolytzellen. Aus: „Sammlg. elektrotechn. Vorträge". Lex. 8°. IV, 131 S. m. 32 Abbildgn. u. 31 graph. Darstellgn. Stuttgart, F. Enke 1906. 3,60 M.

S. Arrhenius, Theorien der Chemie. Nach Vorlesgn., geh. an der Universität v. Kalifornien zu Berkeley. Mit Unterstützung des Verf. aus dem engl. Manuskript übers. v. A. Finkelstein. gr. 8°. VII, 177 S. Leipzig, Akadem. Verlagsgesellschaft 1906. 7 M., geb. 8 M.

E. Branly, *Traité élémentaire de Physique.* 3. Aufl. 8°. Mit 992 Fig. Paris 1905. 8,50 M.

Fürst B. Galitzin u. **J. Wilip,** Spektroskopische Untersuchungen. 4°. 112 S. m. 5 Fig. u. 2 Taf. St. Petersburg 1906. Leipzig, Voß' Sort. 4 M.

M. Planck, Vorlesungen üb. die Theorie der Wärmestrahlung. gr. 8°. VIII, 222 S. m. 6 Abbildgn. Leipzig, J. A. Barth 1906. 7 M.; geb. in Leinw. 7,80 M.

K. Schreber u. **P. Springmann,** Experimentierende Physik. Zugleich vollständig umgearb. deutsche Ausg. v. H. Abrahams *Recueil d'expériences élémentaires de physique.* 2. Bd. gr. 8°. V, 367 S. m. 450 Abbildgn. u. 1 farb. Spektraltaf. Leipzig, J. A. Barth 1906. 8 M.; geb. in Leinw. 8,80 M.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

XXVI. Jahrgang. **Juli 1906.** Siebentes Heft.

Der Spektrokomparator.

Von

J. Hartmann in Potsdam.

In der soeben erschienenen *Publ. d. Astrophys. Observ. z. Potsdam 18. Nr. 53. 1906* habe ich ein neues Verfahren zur Messung der Linienverschiebung in Spektrogrammen mitgeteilt, welches sich auf die Anwendung eines besonderen Meßapparats, des Spektrokomparators, gründet. Im folgenden will ich das Wichtigste über den Zweck dieses Instruments, seine Einrichtung und seine Anwendung mitteilen.

Das bisherige Verfahren zur Messung der Dopplerschen Linienverschiebung in Sternspektren bestand darin, daß man den Faden eines Meßmikroskops der Reihe nach auf die einzelnen Linien des Sternspektrums und des neben jenem aufgenommenen irdischen Vergleichspektrums, in der Regel des Eisenspektrums, einstellte. Um aus den hierbei erhaltenen Ablesungen der Meßschraube die Linienverschiebungen und somit die Werte der Geschwindigkeit des Sterns berechnen zu können, mußten die Wellenlängen der gemessenen Linien als bekannt vorausgesetzt werden. Dieses Verfahren hat sich bei den linienarmen Spektren vom ersten Typus so vollkommen bewährt, daß wohl kaum etwas Besseres an seine Stelle zu setzen ist. Denn die wenigen Linien dieser Sternspektra können ohne großen Zeitaufwand sämtlich gemessen werden, und ihre Wellenlängen sind, da sie wenigen Gasen, in erster Linie dem Wasserstoff und Helium, angehören, genau bekannt. Die vollständige Ausmessung und Reduktion eines solchen Spektrums ist bei Anwendung des bequemen, von mir in den *Astron. Nachr. 155. S. 81. 1901* beschriebenen Verfahrens in etwa zwei Stunden zu erledigen.

Ganz anders liegen jedoch die Verhältnisse bei den linienreichen Spektren der späteren Sterntypen. Erstens sind die Linien in diesen Spektren so zahlreich, daß ihre vollständige Ausmessung und Berechnung viele Tage in Anspruch nehmen würde, zweitens aber war eine strenge Reduktion einer solchen Messungsreihe bisher überhaupt nicht möglich, da die Wellenlängen der Linien nicht mit genügender Sicherheit bekannt waren. Man hat sich deshalb bis jetzt immer auf eine nur teilweise Bearbeitung der linienreichen Spektrogramme beschränkt, indem man nur eine kleine Anzahl der Linien im Mikroskop einstellte, wobei also der größte Teil des reichen, in der Spektralaufnahme vorhandenen Beobachtungsmaterials unbenutzt blieb. Zu dem aus diesen Messungen abgeleiteten Geschwindigkeitswerte mußte man dann stets noch die Bemerkung setzen, daß er, wenn später definitive Werte der benutzten Wellenlängen bekannt würden, noch eine kleine Änderung erleiden könne. Die Schwierigkeit, richtige Wellenlängen für diese Sternspektra zu ermitteln, hat ihren Grund zum Teil darin, daß die zu den Aufnahmen benutzten

Sternspektrographen nicht imstande sind, alle die eng zusammenstehenden Linien völlig voneinander zu trennen, sodaß diese im Spektrogramm häufig gruppenweise zusammenfließen. Doch auch für die wirklich isoliert stehenden Linien fehlten genaue Wellenlängen. Man mußte letztere aus den Rowlandschen Tafeln des Sonnenspektrums entnehmen, dessen Wellenlängen bisher noch nicht in einwandfreier Weise an das irdische Eisenspektrum angeschlossen worden sind, sodaß der syste-



Fig. 1.

matische Unterschied der beiden Wellenlängensysteme bisher in alle spektroskopischen Geschwindigkeitsmessungen verfälschend eingehen mußte. Dazu kam noch, daß die wirklich isolierten Linien häufig so fein waren, daß ihre Einstellung mit dem Mikrometerfaden Schwierigkeit machte, und daß man immer erst am Schlusse der ganzen Rechnung aus der Übereinstimmung der verschiedenen für die Geschwindigkeit gefundenen Werte in einer von Willkür nicht freien Weise feststellen konnte, ob man nicht für manche Linien stark fehlerhafte Wellenlängen angenommen hatte.

Alle diese Schwierigkeiten werden nun durch das neue Meßverfahren beseitigt. Dasselbe ermöglicht es, die vollständige Ausmessung und Reduktion jedes noch so

linienreichen Spektrums und die Ableitung der definitiven Geschwindigkeit in ein bis zwei Stunden zu erledigen. Dieser große Vorteil wird dadurch erreicht, daß nicht mehr die Einstellung eines Fadens auf die einzelnen Linien, sondern die gleichzeitige Koinzidenzeinstellung zahlreicher Linien eines Spektrums auf die entsprechenden Linien eines anderen Spektrums vorgenommen wird.

Die Aufnahme der Spektrogramme mit dem Sternspektrographen erfolgt genau in der bisherigen Weise, es befinden sich also zu beiden Seiten des Sternspektrums die Linien des irdischen Vergleichspektrums, also gewöhnlich des Eisenspektrums. Auf den mit dem Potsdamer Spektrographen III aufgenommenen Platten ist das Sternspektrum 0,25 *mm* breit, und zu beiden Seiten liegen, durch 0,25 *mm* breite Zwischenräume von ihm getrennt, zwei 0,60 *mm* breite Eisenspektra. Mit demselben Spektrographen nimmt man nun auch ein Sonnenspektrum auf, welches aber 0,55 *mm* breit

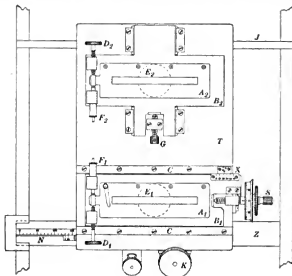


Fig. 2.

gemacht wird, sodaß zwischen ihm und den Eisenspektren beiderseits nur 0,1 *mm* Zwischenraum bleibt. Die genaue Herstellung dieser Breitendimensionen ist mit Hülfe der früher von mir angegebenen Spaltblende leicht zu erreichen.

Der zur Ausmessung der Platten dienende Meßapparat wurde nach meinen Angaben von der Firma Carl Zeiß in Jena unter der besonderen Leitung von Hrn. Dr. Pulfrich ausgeführt. Fig. 1 zeigt eine Gesamtansicht des Instruments, zu dessen Beschreibung ich mich nun wende.

Der Tisch des Meßapparats, auf welchem die beiden miteinander zu vergleichenden Spektrogramme befestigt werden, ist in Fig. 2 in $^1/_3$ der natürlichen Größe dargestellt; er enthält die Vorrichtungen zur Justierung der Lage der beiden Platten. Das oben erwähnte Sonnenspektrum wird mittels zweier Mikroskopklemmen auf der Platte A_1 befestigt, die zur Beleuchtung des Spektrums einen 1 *cm* breiten und 12 *cm* langen Ausschnitt hat. Diese Platte kann zunächst durch die Schraube D_1 und die Gegenfeder F_1 zentrisch um den kurzen Zapfen E_1 gedreht werden, der in der

unter A_1 liegenden Platte B_1 gelagert ist. Letztere läuft in den Schwalbenschwanzführungen C und wird auf der Tischplatte T durch die Mikrometerschraube S von rechts nach links verschoben. Die Schraube hat eine Ganghöhe von 0,5 *mm*, und ihre Trommel ist in 100 Teile geteilt, sodaß die Längsverschiebung des Spektrums auf 0,0005 *mm* abgelesen wird; sie läuft mit 45 Windungen in ihrer Mutter und ist auf eine Länge von etwas mehr als 2 *cm* benutzbar. Zwei lange, unterhalb des Tisches liegende Spiralfedern drücken die Platte B_1 gegen die abgerundete, auf einer Achatplatte laufende Spitze der Schraube. Die Zahl der ganzen Schraubenumdrehungen wird bei X an einer 0,5 *mm*-Teilung abgelesen.

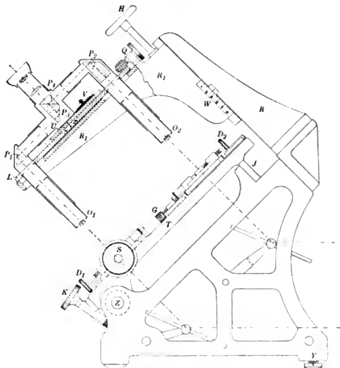


Fig. 3.

Das auszumessende Sternspektrum wird in gleicher Weise auf der um den Zapfen E_2 drehbaren Platte A_2 befestigt. Die diese tragende Platte B_2 ist mittels der Schraube G von unten nach oben gegen die Tischplatte T verschiebbar, sodaß hierdurch der Abstand der beiden Spektra voneinander reguliert werden kann.

Die ganze Tischplatte T ist auf dem 35 *mm* starken Stahlzylinder Z und auf der ebenen Stahlschiene J um 12 *cm* von links nach rechts verschiebbar. Die Verschiebung erfolgt mittels einer unterhalb liegenden Zahnstange durch den Knopf K, neben welchem eine Klemme zur Befestigung der Tischplatte in unveränderlicher Stellung vorgesehen ist. Die Stellung des Tisches kann an der 0,5 *mm*-Teilung N mit Nonius und Lupe abgelesen werden.

Der Tisch T wird in der ans Fig. 3 ersichtlichen Weise[1]) von seinen Führungen Z und J in einer 45° geneigten Lage getragen. Über ihm erhebt sich der Träger RR_1 eines Doppelmikroskops, dessen Konstrnktion aus dem in Fig. 3 gegebenen Durchschnitt zn erkennen ist. Die optischen Achsen der beiden Objektive O_1 und O_2 sind senkrecht anf die beiden auf dem Tische befestigten Spektrogramme gerichtet. Die beiden mit 41 *mm* langen, dnrch Zahntrieb verstellbaren Auszügen versehenen Objektivrohre sind in festem Abstande voneinander auf der Platte L befestigt, welche in einer Schwalbenschwanzführung auf der Oberfläche des Trägers R_1 gleitet und durch die Schranbe Q nm etwa 1 *cm* verschoben werden kann. Am oheren Ende der beiden Objektivrohre wird der Lichtstrahl durch die rechtwinkligen Prismen P_1 nnd P_2 nach dem Prismenkörper P_3 P_4 hin reflektiert. In der Berührungsfläche der Prismen P_3 und P_4 findet die Vereinigung der heiden Strahlenbündel in folgender Weise statt.

Anf der Hypotenuse des Prismas P_4 ist eine Fläche von der in Fig. 4 durch Schraffierung bezeichneten Form versilbert, und hierauf ist das Prisma mit dem Prisma P_3 verkittet worden; im Oknlar hat das Gesichtsfeld die durch die Kreislinie nmgrenzte Gestalt. Sind die beiden Spektra in der angegehenen Weise unter die Mikroskope O_1 und O_2 gelegt und richtig justiert, so erblickt man, wie Fig. 5 und 6 zeigen, auf den schraffierten Flächenstücken Teile des Sternspektrums beziehnngsweise seines Vergleichspektrums, während das übrige Gesichtsfeld vom Bilde des unter O_1 liegenden Sonnenspektrums ansgefüllt wird.

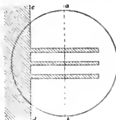


Fig. 4.

Durch die Mitte der Hypotennsenfläche des Prismas P_4 ist noch senkrecht zu den Spiegelstreifen eine feine schwarze Linie *a b* gezogen. Sie dient nicht zum eigentlichen Messen, sondern nnr zur rohen Markierung der Mitte des Gesichtsfeldes, und ich will sie analog zn dem Meßfaden anderer Mikroskope knrz als den „Faden" bezeichnen. Da der Faden 45° gegen die optische Achse des Okulars geneigt ist, so kann immer nur eine kurze Strecke desselben im Gesichtsfelde scharf erscheinen, ebenso wie anch die Begrenzung der beiden seitlichen Spiegelstreifen etwas nnscharf erscheinen wird, wenn man das Okular anf den mittleren scharf einstellt. Für die Messungen selbst ist dies gänzlich belanglos, da bei richtiger Beleuchtung der Platten der Beohachter die Spiegel überhaupt nicht sieht, sondern lediglich die in ihnen reflektierten Bilder, die streng in der Einstellebene liegen.

Der Prismenkörper P_3 P_4 ist in einem Kästchen montiert, aus welchem er mit seiner Fassung leicht herausgenommen werden kann, um ihn dnrch einen anderen zn ersetzen. Hierdnrch ist es ermöglicht, nach Beliehen verschiedene Formen der Spiegel zn verwenden. Dem Apparate ist außer dem oben beschriebenen stets noch ein Prismenkörper beigegeben, der nur eine Halbierung des Gesichtsfeldes bewirkt, sodaß die ganze nntere Hälfte vom Bilde der unter O_1 liegenden, die obere vom Bilde der nnter O_2 liegenden Platte ansgefüllt wird.

Das den Prismenkörper enthaltende nnd auch das Okular tragende Kästchen ist anf einem Schlitten befestigt, der durch den Trieb V verschoben werden kann; seine Steilnng ist an einer Millimeterteilung U abzulesen. Nähert man es dem Mikroskop O_1, so wird dieses verkürzt und seine Vergrößerung also vermindert, während

[1]) In der mehr schematischen Fig. 3 sind zur Vereinfachung alle Befestigungsschrauben fortgelassen worden.

gleichzeitig die Vergrößerung von O_2 verstärkt wird. Dnrch diese allmähliche Veränderung der relativen Vergrößerung der beiden Mikroskope ist es dem Beobachter ermöglicht, die im Gesichtsfeld erscheinenden Bilder der beiden Spektrogramme so genau gleich groß zn machen, daß sie in ihrer ganzen Ansdehnung gleichzeitig zur scharfen Koinzidenz gebracht werden können. Gerade diese meines Wissens hier zum ersten Male angewandte Einrichtung zur Herstellnng genau gleich großer Bilder ist für die Anwendbarkeit des ganzen Meßverfahrens von grundlegender Bedentung.

Es ist endlich noch zn erwähnen, das der obere Teil R_1 des Mikroskopträgers sich an dem nnteren Teile R in einer Schwalbenschwanzführung dnrch Drehnng des Handrades H um 5 *cm* auf- und abbewegen läßt. Diese Bewegung dient dazu, um die Vergrößerung beider Mikroskope gleichzeitig so zu verändern, daß die Breitendimensionen der Bilder der Spektra genau der gegebenen Breite der Spiegel im Prismenkörper entsprechen, sodaß die beiden seitlichen Spiegelstreifen mitten in die Vergleichspektra zu liegen kommen. Diese Höhenstellnng der Mikroskope wird an der Millimeterskale W abgelesen. Sollte diese Verschiebnng, welche eine Veränderung der Bildgröße bis zn 30% ermöglicht, noch nicht ausreichen, um die Breite eines gegebenen Spektrums der Spiegeldistanz anzupassen, so kann man letzteres immer durch Einschrauben eines anderen Objektivpaars von geeigneter Brennweite erreichen.

Das ganze Gestell des Apparats ist trotz seiner leichten, gefälligen Form hinreichend stabil. Es rnht auf vier Füßen, von denen der eine bei Y mittels einer Schranbe verstellbar ist und in bekannter Weise durch Ausprobieren der beiden Grenzlagen des Kippens etwaigen Unebenheiten der Tischplatte angepaßt werden kann, sodaß das Instrument spannungsfrei auf allen vier Füßen steht.

Da das Meßverfahren keinerlei hohe Ansprüche an die mechanische Konstruktion des Meßapparats stellt, so ist dessen Prüfung sehr einfach. Es wird bei den Messungen nirgends vorausgesetzt, daß die vorhandenen Führungen genau geradlinig oder zueinander senkrecht seien, und die Untersuchung dieser Teile kann daher nnterbleiben. Nnr die optischen Teile und die Meßschraube sind einer näheren Prüfung zu unterwerfen. Da bei dem Durchgange des Lichtes dnrch die Prismen und bei der zweimaligen Reflexion eine Verschlechterung des Bildes eintreten kann, so überzenge man sich znnächst durch Betrachtung feiner Probeobjekte von der vollständigen Schärfe der Bilder. Ferner sollen die drei Spiegelstreifen im Prismenkörper scharf und einigermaßen parallel begrenzt sein und nahe parallel der Zylinderführung Z liegen, was man daran erkennt, daß sich ein an den Rand des Spiegelstreifens gebrachter Punkt des Bildes einer anf dem Tische befestigten Anfnahme bei der Verschiebung des Tisches an dem Spiegelrande entlang bewegt.

Die in bekannter Weise anszuführende Untersuchung der Schranbe will ich hier übergehen und nur bemerken, daß die Schraube des Potsdamer Apparats ganz hervorragend gut ist. Auf der von mir untersuchten Strecke von 35 Umdrehungen erreicht sowohl der periodische als auch der fortschreitende Fehler nirgends den Betrag von $0{,}001^R = 0{,}0005$ *mm*. Für die bei den Messungen allein zur Verwendnng kommenden acht mittleren Umdrehungen ergab sich der periodische Fehler

$$-0{,}0001285^R \cos A + 0{,}0003484^R \sin A.$$

Obwohl das Maximum desselben nur $0{,}00037^R = 0{,}000185$ *mm* ist, so darf er bei der Ausmessung der Sternspektra doch nicht vernachlässigt werden, da er im ungünstigsten Falle einen Fehler von 0,27 *km* in der Geschwindigkeitsbestimmnng verursachen könnte, während eine Genauigkeit von 0,1 *km* bei diesen Messungen jetzt erreichbar

ist. Ich werde weiter unten angeben, wie der geringe Einfluß des periodischen Schraubenfehlers durch geeignete Anordnung der Messungen unschädlich zu machen ist; der fortschreitende Fehler braucht nicht berücksichtigt zu werden, da bei den Messungen immer nur Bruchteile einer Schraubenumdrehung zur Verwendung gelangen.

Zur Erleichterung der Messungen bestimmt man noch einige Konstanten des Apparats, nämlich die Mittelstellungen an den Teilungen N, X und U sowie eine kleine Tabelle für die Höheneinstellung W.

Als Mittelstellung N_0 des Tisches bezeichne ich diejenige, bei welcher sich das Bild des Drehungsmittelpunktes des Zapfens E_2 auf dem Faden befindet. Klemmt man den Tisch in dieser Lage fest und verschiebt dann den Schlitten B_1 mittels der Schraube so lange, bis auch der Drehungsmittelpunkt von E_1 auf dem Faden liegt, so ergibt sich die Ablesung X_0.

Die Skale U dient zur Einstellung der relativen Vergrößerung der beiden Mikroskope oder, wie ich es kurz bezeichne, der „Bilddehnung". Um die Stellung U_0, bei welcher beide Vergrößerungen genau gleich sind, zu finden, legt man irgend zwei Platten, auf denen sich ein scharfer Strich befindet, unter die Mikroskope und bringt die Bilder der Striche im Gesichtsfeld durch Drehen der Meßschraube in die Koinzidenzstellung. Bewegt man dann den Tisch auf der Zylinderführung hin und her, so bleiben die Striche nur dann im ganzen Gesichtsfeld in Koinzidenz, wenn beide Mikroskope gleich stark vergrößern. Bewegt sich die unter O_1 liegende Marke weniger als die andere, so ist ihr Bild weniger vergrößert, das Mikroskop O_1 ist zu kurz, und der Prismenkörper ist daher mittels des Triebes V nach oben, der +-Richtung der Teilung U zu verschieben. Bei dieser Verschiebung wird nun die scharfe Einstellung der Bilder etwas gestört, und man muß dieselbe durch neue Fokussierung der beiden Objektivauszüge berichtigen. Zur Erleichterung dieser auch bei der Ausmessung der Spektra öfter wiederkehrenden Verrichtung habe ich die Zahntriebe dieser Auszüge so anbringen lassen, daß zur Herstellung der scharfen Einstellung diese beiden Triebe immer in derselben Richtung gedreht werden müssen, in welcher man zuvor den Trieb V gedreht hat. Auch merke man sich ein für allemal die Richtung, in welcher diese Drehung von V anszuführen ist: wenn das Bild des unter O_1 liegenden Spektrums (also später des Sonnenspektrums) zu *klein* ist, dann ist der Prismenkörper nach *oben* hin zu verschieben.

Als letzte Erleichterung der späteren Messungen kann man noch ein Täfelchen herstellen, welches für die verschiedenen Breitendimensionen der Spektra die anzuwendende Einstellung an der Höhenskale W angibt. Die Höhe des Mikroskopträgers R_1 soll bei den Messungen immer so eingestellt werden, daß die beiden äußeren Spiegelstreifen mitten in den Bildern der Eisenspektra liegen. Um diese Einstellung mittels der Skale W rasch zu finden, braucht man nur zu ermitteln, welcher Größe des Objekts diese Spiegeldistanz bei den verschiedenen Ablesungen W entspricht; mißt man dann bei dem auszumessenden Spektrum die Distanz der Mitten der Vergleichspektra, so kann man das entsprechende W unmittelbar einstellen.

Zur Aufstellung des erwähnten Täfelchens legt man eine Zehntelmillimeter-Teilung, die auf einer Glasplatte von nahe derselben Dicke wie die auszumessenden Spektrogramme angebracht ist, auf die Platte A_1, sodaß die Teilstriche horizontal liegen. Während die Bilddehnung dauernd auf U_0 eingestellt bleibt, stellt man der Reihe nach die verschiedenen Ablesungen der Skale W ein, fokussiert jedesmal scharf mit dem Objektivauszug und schätzt die Distanz der Mitten der beiden äußeren Spiegel nach der Skale ein.

Zu dem Potsdamer Apparate gehören zwei Objektivpaare von 55 *mm* und 45 *mm* Brennweite, die ich mit I und II bezeichne. Außerdem habe ich, da die Objektivauszüge nicht so lang gemacht werden konnten, um die ganze Ausdehnung der Skale W nutzbar zu machen, noch ein Paar Zwischenrohre von 20 *mm* Länge anfertigen lassen, welche zur Verlängerung der Objektivauszüge an diese anzuschrauben sind. Mit den hierdurch ermöglichten Kombinationen ergaben sich folgende Werte $2D$ der auf der Platte gemessenen Spiegeldistanz.

Objektiv	W	$2D$	p_1	p
I ohne Zwischenrohr	6	1,57 *mm*	2,54	21,2
	10	1,53	2,60	21,7
	15	1,47	2,71	22,6
	20	1,42	2,81	23,4
	25	1,37	2,91	24,3
I mit Zwischenrohr	30	1,33	3,01	25,1
	35	1,28	3,11	25,9
	40	1,24	3,21	26,8
	45	1,21	3,30	27,5
	50	1,17	3,40	28,4
	55	1,14	3,50	29,2
II ohne Zwischenrohr	0	1,10	3,62	30,2
	5	1,06	3,76	31,4
	10	1,03	3,87	32,3
	15	1,00	3,98	33,2
	20	0,97	4,11	34,3
	25	0,94	4,24	35,4
II mit Zwischenrohr	30	0,91	4,38	36,5
	35	0,89	4,48	37,4
	40	0,87	4,58	38,2
	45	0,85	4,69	39,1
	50	0,83	4,80	40,0
	54	0,81	4,92	41,0

Wie man sieht, lassen sich die Spiegel bei allen Spektrogrammen, in denen die Entfernung der Vergleichspektra zwischen 0,81 *mm* und 1,57 *mm* liegt, scharf auf die Mitten der letzteren einstellen; innerhalb dieses Bereiches liegen alle mit dem Potsdamer Spektrographen III gemachten Aufnahmen.

Die Werte $2D$ bieten nun auch ein bequemes Mittel zur scharfen Berechnung der jedesmaligen Vergrößerung. Da deren Kenntnis ja auch von einigem Interesse ist, so will ich ihre Bestimmung hier beifügen. Um die Objektivvergrößerung p_1 zu finden, hat man nur mit $2D$ in den wirklichen, auf die Bildebene projizierten Abstand der Spiegel zu dividieren. Ich habe diese Distanz mikroskopisch gemessen und dafür 3,982 *mm* gefunden. Hiermit ergaben sich die in der Tabelle unter p_1 aufgeführten Objektivvergrößerungen.

Die Vergrößerung des Okulars durfte hier nicht einfach aus dessen Brennweite berechnet werden, da der Lichtstrahl hinter dem Okular nicht in Luft, sondern fast nur in dem Glase des Prismenkörpers verläuft. Ich habe daher den Divergenzwinkel 2φ zwischen den von den beiden Spiegeln kommenden Strahlen außerhalb des Okulars direkt gemessen; es ergab sich $2\varphi = 7{,}6^0$. Hiermit folgt die auf 25 *cm* Sehweite bezogene Okularvergrößerung

$$p_2 = \frac{50 \operatorname{tg} \varphi}{3,982} = 8,34$$

und die in der Tabelle aufgeführte Gesamtvergrößerung

$$p = p_1 p_2 .$$

Für Fälle, in denen die bis zu 41 ansteigende Vergrößerung zu stark erscheinen sollte, ist dem Apparate noch ein zweites Okular beigefügt, welches die Hälfte der aufgeführten Vergrößerungen ergibt.

Ich gebe nun ein Beispiel für die Anwendung des Apparats, will mich dabei jedoch möglichst kurz fassen und verweise betreffs der Einzelheiten auf die eingangs erwähnte eingehendere Darstellung.

Das bei der Ausmessung der Sternspektra unter das Mikroskop O_1 zu legende Sonnenspektrum bezeichne ich als das Fundamentalspektrum, weil auf ihm alle



Fig. 5.



Fig. 6.

gemessenen Geschwindigkeiten beruhen. Mit dem Komparator wird nämlich direkt die Differenz der Linienverschiebungen, also auch die Differenz der Geschwindigkeiten zwischen dem Sternspektrum und dem Fundamentalspektrum, gemessen; da man nun die Geschwindigkeit V_0 der Sonne in der Gesichtslinie berechnen kann, so ist damit auch die Geschwindigkeit der Sterne gefunden. Erwähnen will ich hier nur noch, daß man an Stelle des Sonnenspektrums auch beliebige Sterne für das Fundamentalspektrum verwenden kann; der Einfachheit halber will ich aber hier nur vom Sonnenspektrum sprechen.

Auf der Platte des Sonnenspektrums bezeichnet man nun durch dicht neben das Eisenspektrum gesetzte Punkte eine Anzahl von Stellen und numeriert dieselben in der aus den Fig. 5 und 6 ersichtlichen Weise. Diese Stellen werden so ausgewählt, daß sich, sobald der Punkt auf den Faden gebracht wird, eine Anzahl guter Linien des Eisenspektrums zu beiden Seiten des Fadens auf den Spiegelstreifen befinden. Für die so bezeichneten Punkte des Spektrums berechnet man die Geschwindigkeitsfaktoren s, d. h. diejenigen Geschwindigkeiten, welchen an den betreffenden Stellen eine Linienverschiebung um 1^R der Meßschraube entspricht. Man schreibt die Werte

von s an den rechten Rand eines Zettels, der auch den Wert von W und von V_0 sowie eine kleine Tabelle der Werte f, von denen gleich noch die Rede sein wird, enthält. Der Zettel für das Fundamentalspektrum III 758 hat folgende Gestalt.

Fundamentalspektrum III 758.

Sonne, 1905 Mai 16.

$W = 30{,}0 \qquad V_0 = +0{,}31\ km$

	12	13	14	15	16
23	1,23569	1,26718	1,30207	1,34125	1,38584
24	1,19342	1,22188	1,25319	1,28803	1,32724
25	1,15366	1,17956	1,20787	1,23912	1,27399
26	1,11600	1,13969	1,16544	1,19369	1,22496
27	1,08024	1,10201	1,12556	1,15126	1,17952
28	1,04614	1,06623	1,08786	1,11136	1,13707
29	1,01354	1,03214	1,05211	1,07369	1,09721
30	0,98216	0,99944	1,01793	1,03785	1,05945
31	0,95191	0,96801	0,98518	1,00362	1,02355
32	0,92292	0,93796	0,95396	0,97111	0,98956
33	0,89496	0,90904	0,92399	0,93997	0,95713
34	0,86790	0,88112	0,89513	0,91006	0,92605

12	492
13	479
14	465
15	450
16	437
17	422
18	407
19	396
20	383
21	373
22	361
23	349
24	337
25	326
26	315
27	304
28	294
29	285
30	275
31	266
32	259
33	252
34	244

Die Ausmessung eines Sternspektrums findet nun folgendermaßen statt. Man stellt den auf dem Zettel angegebenen Wert von W und die Bilddehnung U_0 ein. Ist X die zufällige Stellung der Meßschraube, so schiebt man den Tisch auf die Ablesung $N = N_0 - X_0 + X$; in dieser Stellung befindet sich die Achse des Zapfens E_1 auf dem Faden. Dann befestigt man das Fundamentalspektrum auf der Platte A_1; als Lage I bezeichne ich diejenige, in welcher die größeren Wellenlängen rechts liegen, im Mikroskop also links erscheinen. Man stellt das Okular scharf auf den mittleren Spiegelstreifen ein und bringt dann mit dem Objektivauszug O_1 das Bild der Platte zur scharfen Einstellung. Dann stellt man mit der Schraube Q den mittleren Spiegel genau auf die Mitte des Sonnenspektrums, schiebt den Tisch mittels des Triebes K bis an das Ende des Spektrums und stellt dieses durch die Schraube D_1 wieder wie vorher symmetrisch zum Spiegel. Hiermit ist das Fundamentalspektrum parallel zur Zylinderführung gerichtet und seine Justierung beendigt; sie dauert noch nicht eine Minute. Bei fortlaufender Benutzung des Meßapparats wird man in der Regel das Fundamentalspektrum lange Zeit unverändert liegen lassen, sodaß dann der eben beschriebene Teil der Justierung ganz wegfällt.

Fast ebenso einfach ist die Justierung des Sternspektrums. Man befestigt dasselbe auf der Platte A_2 und schiebt es hierbei gleich so, daß dieselbe Stelle des Spektrums im Gesichtsfelde erscheint wie vom Fundamentalspektrum. Man stellt das Objektiv O_2 scharf ein, bringt den Tisch in die Mittellage N_0 und verschiebt nun mittels der Schraube G das Sternspektrum so lange, bis es in gleicher Höhe mit dem Fundamentalspektrum im Gesichtsfelde erscheint. Man richte sich hierbei nur nach

den Eisenlinien beider Platten und vergleiche sie nahe bei der Trennungslinie cd in Fig. 4. Dann schiebt man den Tisch wieder seitwärts ans Ende der Spektra und stellt durch die Schraube D_2 die gleiche Höhenlage abermals her. Hierdurch ist auch das Sternspektrum der Zylinderführung parallel gerichtet.

Sodann ist die Bilddehnung mitteis des Triebes V so einzustellen, daß die beiden Spektra im Gesichtsfelde genau gleich groß erscheinen, was unter Beachtung der oben aufgestellten Regel für die Richtung, in welcher V zu drehen ist, ebenfalls sehr leicht vonstatten geht.

Ist das Sternspektrum, wie es häufig der Fall ist, nicht in seiner ganzen Breite gleichmäßig belichtet, so verschiebt man endlich mittels der Schraube Q die Mikroskope so, daß der mittlere Spiegelstreifen die schönste Stelle aus dem Sternspektrum aufnimmt, und hiermit ist die ganze Vorbereitung beendigt.

Die eigentliche Messung besteht nun lediglich darin, daß man, während sich einer der numerierten Punkte auf dem Faden befindet, durch Drehen der Meßschraube S nacheinander das Sternspektrum mit dem nebenliegenden Sonnenspektrum und dann die Eisenspektra zur Koinzidenz bringt, wie dies aus den Fig. 5 und 6 zu ersehen ist. Da die Spektra in ihrer ganzen im Gesichtsfeld sichtbaren Länge genau koinzidieren, so erkennt man auf einen Blick, welche Linien in beiden gemeinsam und also zur Herstellung der Koinzidenz zu verwenden sind. Dabei brauchen dies durchaus keine scharf begrenzten oder symmetrischen Linien zu sein, auch breite Gruppen, Kanten von Bändern und selbst die im Negativ dunklen Zwischenräume zwischen Linien sind gleich gut verwendbar. Die Beobachtung ist durch diese fortwährende Vergleichung der Spektra sehr interessant und geht so rasch vonstatten, daß die vollständige Ausmessung aller Linien eines linienreichen Spektrums in etwa einer halben Stunde erledigt ist. Die Anzahl der in dieser Zeit wirklich beobachteten Linienkoinzidenzen ist außerordentlich groß, da ja jede Schraubeneinstellung auf sehr zahlreichen gleichzeitig beobachteten Koinzidenzen beruht.

Hat man das Spektrum in der ersten Lage ausgemessen, so dreht man dasselbe und auch das Fundamentalspektrum um 180° und wiederholt die Messung in der zweiten Lage. Hierdurch werden die von der Lage abhängigen psychophysischen Fehler eliminiert. Gleichzeitig mit diesen eliminiert man nun hierbei auch den oben erwähnten geringen Einfluß des periodischen Schraubenfehlers auf das Resultat. Man hat zu diesem Zwecke nur darauf zu achten, daß die Messung in der zweiten Lage bei einer um 180° verschiedenen Schraubenstellung gemacht wird.

Ebenso einfach wie die Messung ist nun auch die Reduktion, die ich an einem Beispiele erläutern will. Das folgende Schema enthält alle Rechnungen, die bei der Reduktion überhaupt vorkommen können; unter Umständen kann aber etwa die Hälfte davon noch fortgelassen werden. Ich bemerke noch, daß sich die Marke 13 des Fundamentalspektrums bei λ 4606, Marke 34 bei λ 4070 befindet.

Die vier mit Fe und $*$ überschriebenen Spalten enthalten die bei der Messung niedergeschriebenen Schraubenablesungen. Man bildet daraus den Betrag der Linienverschiebung, nämlich

$$\text{in Lage I} \quad d_1 = Fe - *$$
$$\text{in Lage II} \quad d_2 = * - Fe\,.$$

Die Spalte $d_2 - d_1$ berechnet man nur zur Kontrolle. Wie man sieht, sind die Werte $d_2 - d_1$ überwiegend negativ, eine Erscheinung, die sich in allen Messungsreihen zeigt. Sie hat ihren Grund in dem oben erwähnten von der Lage des Spektrums abhängigen Auffassungsunterschied, dessen Einfluß auf das Messungsergebnis erst

durch die Mittelbildung aus beiden Lagen beseitigt wird. Dieses Mittel ist mit d bezeichnet. Man hält nun links neben die Spalte d den *S. 214* beschriebenen Zettel so, daß die den einzelnen Marken entsprechenden s neben die betreffenden d zu liegen kommen, und bildet mit Hülfe einer Multiplikationstafel die Produkte $s\,d = V_* - V_0$; dies sind die Werte der gesuchten Geschwindigkeitsdifferenz zwischen dem Stern und dem Fundamentalspektrum, deren Mittel M_1 im vorliegenden Falle + 11,60 *km* ist.

Platte III 775. α Bootis 1905 Mai 26 $9^h\,44^m$ MEZ.
Fundamentalspektrum III 758.

Marke	Erste Lage			Zweite Lage			$d_2 - d_1$	d	$V_* - V_0$	F
	Fe	$*$	d_1	Fe	$*$	d_2				
									km	*km*
13	$27{,}403^R$	$,382^R$	$+0{,}021^R$	$27{,}876^R$	$,901^R$	$+0{,}025^R$	$+0{,}004^R$	$+0{,}023^R$	+ 11,0	− 0,6
14	406	380	26	875	899	24	− 2	25	11,6	0,0
15	404	377	27	876	900	24	− 3	25_5	11,5	− 0,1
16	408	376	32	869	898	29	− 3	30_5	13,3	+ 1,7
17	410	380	30	873	902	29	− 1	29_5	12,4	+ 0,8
18	413	385	28	870	900	30	+ 2	29	11,8	+ 0,2
19	423	395	28	862	891	29	+ 1	28_5	11,3	− 0,3
20	424	392	32	860	886	26	− 6	29	11,1	− 0,5
21	427	389	38	856	888	32	− 6	35	13,1	+ 1,5
22	427	398	29	856	889	33	+ 4	31	11,2	− 0,4
23	426	393	33	853	882	29	− 4	31	10,8	− 0,8
24	427	392	35	852	885	33	− 2	34	11,5	− 0,1
25	427	388	39	857	889	32	− 7	35_5	11,6	0,0
26	423	390	33	857	888	31	− 2	32	10,1	− 1,5
27	426	385	41	855	893	38	− 3	39_5	12,0	+ 0,4
28	423	380	43	858	893	35	− 8	39	11,5	− 0.1
29	424	386	38	857	892	35	− 3	36_5	10,4	− 1,2
30	426	380	46	856	900	44	− 2	45	12,4	+ 0.8
31	421	373	48	856	905	49	+ 1	48_5	12,9	+ 1,3
32	421	378	43	859	900	41	− 2	42	10,9	− 0,7
33	424	380	44	855	898	43	− 1	43_5	11,0	− 0,6
34	430	377	53	852	895	43	− 10	48	11,7	+ 0,1
		Σd_1	+ 0,787		Σd_2	+ 0,734		M_1	+ 11,60	
			+ 0,734							
			+ 1,521							

log = 0,18213 $M_2 = +\,11{,}57$ *km*
log f = 0,88112 $V_0 = +\;0{,}31$
log M_2 = 1,06325 $V = +\,11{,}88$ *km*

Die beschriebene Reduktion ist so einfach, daß sie in wenigen Minuten auszuführen ist, und dabei so übersichtlich, daß gröbere Versehen kaum vorkommen können. Ich benutze jedoch diese Rechnung nur als Kontrolle und leite den definitiven Wert der Geschwindigkeit auf einem anderen, noch erheblich einfacheren und genaueren Wege ab.

Bei der Berechnung des Mittelwertes M_1 wurde nämlich jeder einzelnen der an den verschiedenen Stellen der Platte gemessenen Geschwindigkeitsdifferenzen $V_* - V_0$ das gleiche Gewicht gegeben. Dies ist nun wegen der nach dem violetten Ende des Spektrums stark zunehmenden Dispersion nicht streng richtig. Denn da man annehmen kann, daß im Durchschnitt der lineare Betrag d der Linienverschiebung

überall mit derselben Sicherheit gemessen wird, so haben die Werte $V_* - V_0 = s\,d$ bei der Mittelbildung Gewichte zu erhalten, die proportional zu $1/s$ sind. Bezeichnet man den so berechneten Mittelwert mit M_2, so ist also

$$M_2 = \frac{\Sigma \frac{1}{s}(V_* - V_0)}{\Sigma \frac{1}{s}} = \frac{\Sigma d}{\Sigma \frac{1}{s}}.$$

Diese korrekte Berechnungsweise führt also auf eine außerordentlich einfache Rechenvorschrift: man braucht die einzelnen Produkte $s\,d$ gar nicht zu berechnen, sondern hat lediglich die Summe aller d mit einem Faktor zu multiplizieren, der konstant ist, solange man dieselben Einstellmarken benutzt. Da nun $\Sigma d = \frac{1}{2}(\Sigma d_1 + \Sigma d_2)$ ist, so setze ich

$$f = \frac{1}{2\,\Sigma \frac{1}{s}},$$

womit man dann erhält

$$M_2 = f(\Sigma d_1 + \Sigma d_2).$$

Die Werte von $\log f$ sind nun auf dem oben beschriebenen Zettel mit der ersten und letzten der benutzten Marken als Argumenten angegeben. Im vorliegenden Falle wurde von Marke 13 bis 34 gemessen, man hat also $\log f = 0{,}88112$ und erhält hiermit, wie unter obigem Reduktionsschema angegeben ist, $M_2 = +11{,}57$ *km* in naher Übereinstimmung mit M_1. Durch Addition des ebenfalls auf dem Zettel angegebenen Wertes von V_0 erhält man aus M_2 die gesuchte Geschwindigkeit des Sterns

$$V = +11{,}88\ km$$

relativ zur Erde, die dann in bekannter Weise noch auf die Sonne reduziert wird.

Wie man aus diesem Beispiele sieht, ist die ganze Messung und Berechnung außerordentlich einfach, sodaß zur vollständigen Bearbeitung eines Sternspektrums, die früher viele Tage in Anspruch genommen hätte, jetzt höchstens zwei Stunden gebraucht werden. Dabei ist das neue Verfahren vollkommen streng, da bei demselben keinerlei unzulässige Annahmen gemacht oder Vernachlässigungen begangen werden.

Auch die Genauigkeit des neuen Meßverfahrens ist wegen der außerordentlich großen Zahl der benutzten Koinzidenzen größer, als die der früheren Messungen, besonders aber wird der gesuchte Wert der Geschwindigkeit wegen der Elimination aller Fehler, die früher durch unrichtige Annahmen über die Wellenlängen der beobachteten Linien in das Resultat hineingebracht wurden, erheblich sicherer und definitiv. In der eingangs zitierten Abhandlung habe ich eine nähere Untersuchung über die Genauigkeit des Verfahrens auf Grund eines größeren Beobachtungsmaterials ausgeführt; ich will hier nur das Ergebnis derselben mitteilen: während bisher bei den besten Beobachtungsreihen der w. F. einer aus einer Platte abgeleiteten Geschwindigkeit nicht unter 0,25 *km* betrug, gelingt es bei der Messung mit dem Komparator leicht, die Bewegung auf 0,1 *km* genau zu bestimmen.

Zum Schlusse will ich noch erwähnen, daß der Komparator, abgesehen von der hier besprochenen Messung der Linienverschiebungen, auch sehr geeignet zu allen vergleichenden Studien über die verschiedenen Spektra sowie auch zur Untersuchung der Fehler kleiner Maßstäbe ist.

Potsdam, Astrophys. Observatorium, Juni 1906.

Zur Theorie der schiefen Büschel (dritter Beitrag).

Von
Dr. **Arthur Kerber** in Leipzig.

In einer früheren Abhandlung (*diese Zeitschr. 24. S. 236. 1904*) habe ich auf einem Umwege mit Hülfe sogenannter Eliminationsformeln, die dort unter 3) bis 8) angegeben sind, Formeln für die Koordinaten der Bildpunkte schiefer Büschel abgeleitet. Erst später ist es mir gelungen, dieselben Formeln *unmittelbar* aus den bekannten Gleichungen von Abbe zu entwickeln, und zwar auf Grund eines in die Algebra gehörenden Lehrsatzes, der auch anderweitig mit Vorteil angewendet werden kann. Er lautet:

Wenn die Differenz zweier Brüche z_1/n_1 und z_2/n_2 gleich ist einem dritten Bruche, dessen Zähler gleich der Differenz der beiden ersten Zähler ist, so kann man auf der linken Seite dieser Gleichung, ohne dafs ihr Wert sich ändert, die Zähler unter sich vertauschen, wenn man zugleich von beiden Nennern den dritten Nenner, n_3, subtrahiert. Aus

$$\frac{z_1}{n_1} - \frac{z_2}{n_2} = \frac{z_1 - z_2}{n_3}$$

ergibt sich also nach diesem Satze

$$\frac{z_2}{n_1 - n_3} - \frac{z_1}{n_2 - n_3} = \frac{z_1 - z_2}{n_3}.$$

Der Beweis ist leicht zu führen. Aus der ersten Form der Gleichung folgt der Reihe nach

$$z_1\left(\frac{1}{n_1} - \frac{1}{n_3}\right) = z_2\left(\frac{1}{n_2} - \frac{1}{n_3}\right),$$

$$\frac{z_1}{n_3}\,\frac{n_1 - n_3}{n_1} = \frac{z_2}{n_3}\,\frac{n_2 - n_3}{n_2},$$

$$\frac{n_1}{z_1(n_1 - n_3)} = \frac{n_2}{z_2(n_2 - n_3)},$$

$$\frac{z_2 n_1}{n_1 - n_3} = \frac{z_1 n_2}{n_2 - n_3},$$

$$z_2\left(\frac{n_3}{n_1 - n_3} + 1\right) = z_1\left(\frac{n_3}{n_2 - n_3} + 1\right),$$

$$\frac{z_2}{n_1 - n_3} + \frac{z_2}{n_3} = \frac{z_1}{n_2 - n_3} + \frac{z_1}{n_3},$$

$$\frac{z_2}{n_1 - n_3} - \frac{z_1}{n_2 - n_3} = \frac{z_1 - z_2}{n_3},$$

wie oben behauptet wurde.

Nach diesem Satze kann z. B. die Gleichung für die Schnittweiten (a und b) enger axonomer Strahlenbüschel

$$\frac{\nu}{b} - \frac{\mu}{a} = \frac{\nu - \mu}{\varrho}$$

auch geschrieben werden

$$\frac{\mu}{b - \varrho} - \frac{\nu}{a - \varrho} = \frac{\nu - \mu}{\varrho}\ ^{1)}.$$

[1]) Die zweite wichtige Beziehung wird in der Regel gar nicht angegeben; **Helmholtz** (Physiologische Optik. 1. Aufl. *S. 44.* Gl. 3) hat beide Formeln.

Und in derselben Weise erhält man für die Gleichungen von Abbe, nämlich

$$\frac{\nu}{\mathfrak{t}} - \frac{\mu}{\mathfrak{s}} = \frac{\nu \cos \zeta - \mu \cos \varepsilon}{\varrho},$$

$$\frac{\nu \cos^2 \zeta}{t} - \frac{\mu \cos^2 \varepsilon}{s} = \frac{\nu \cos \zeta - \mu \cos \varepsilon}{\varrho},$$

nachdem man sie

$$\frac{\nu \cos \zeta}{\mathfrak{t} \cos \zeta} - \frac{\mu \cos \varepsilon}{\mathfrak{s} \cos \varepsilon} = \frac{\nu \cos \zeta - \mu \cos \varepsilon}{\varrho},$$

$$\frac{\nu \cos \zeta}{t \sec \zeta} - \frac{\mu \cos \varepsilon}{s \sec \varepsilon} = \frac{\nu \cos \zeta - \mu \cos \varepsilon}{\varrho}$$

geschrieben hat, sodaß der dritte Zähler gleich der Differenz der beiden ersten ist, die Schwesterformeln

$$\frac{\mu \cos \varepsilon}{\mathfrak{t} \cos \zeta - \varrho} - \frac{\nu \cos \zeta}{\mathfrak{s} \cos \varepsilon - \varrho} = \frac{\nu \cos \zeta - \mu \cos \varepsilon}{\varrho},$$

$$\frac{\mu \cos \varepsilon}{t \sec \zeta - \varrho} - \frac{\nu \cos \zeta}{s \sec \varepsilon - \varrho} = \frac{\nu \cos \zeta - \mu \cos \varepsilon}{\varrho}.$$

Mit Benutzung desselben Lehrsatzes gelingt es nun, die früher aufgestellten Formeln für die Bildpunkte schiefer Büschel in denkbar bequemster Weise herzuleiten.

Sagittalschnitt.

Bezeichnet h (Fig. 1) das Perpendikel vom Einfallspunkte J des schiefen Hauptstrahles auf die Achse, $\mathfrak{p}$ und $\mathfrak{y}$ die Ordinaten des Objekt- und Bildpunktes, $\mathfrak{P}$ und $\mathfrak{Q}$, so sind die Schnittweiten $\mathfrak{s}$ und $\mathfrak{t}$ bestimmt durch

$$\mathfrak{s} = \frac{h - \mathfrak{p}}{\sin \alpha}, \quad \mathfrak{t} = \frac{h - \mathfrak{y}}{\sin \beta},$$

und die erste Abbesche Gleichung verwandelt sich nach Einführung dieser Werte in

$$\frac{\nu \sin \beta}{h - \mathfrak{y}} - \frac{\mu \sin \alpha}{h - \mathfrak{p}} = \frac{\nu \cos \zeta - \mu \cos \varepsilon}{\varrho} = Q.$$

Wenn wir nun den Wert von Q im Zähler und Nenner mit dem Sinus des Kugelwinkels φ (Fig. 1) multiplizieren, so wird, unter Berücksichtigung von $\varrho \sin \varphi = h$,

$$Q = \frac{\nu \sin \varphi \cos \zeta - \mu \sin \varphi \cos \varepsilon}{h}.$$

Addiert man auf der rechten Seite im Zähler $\cos \varphi \cdot \mu \sin \varepsilon - \cos \varphi \cdot \nu \sin \zeta = 0$, so ergibt sich weiter

$$Q = \frac{\nu (\sin \varphi \cos \zeta - \cos \varphi \sin \zeta) - \mu (\sin \varphi \cos \varepsilon - \cos \varphi \sin \varepsilon)}{h},$$

das heißt

$$Q = \frac{\nu \sin (\varphi - \zeta) - \mu \sin (\varphi - \varepsilon)}{h} = \frac{\nu \sin \beta - \mu \sin \alpha}{h}.$$

Nach Einführung dieses Wertes in die letzte Gleichung für $h - \mathfrak{y}$ erhalten wir

$$\frac{\nu \sin \beta}{h - \mathfrak{y}} - \frac{\mu \sin \alpha}{h - \mathfrak{p}} = \frac{\nu \sin \beta - \mu \sin \alpha}{h} = Q$$

und weiter, da in dieser Gleichung der dritte Zähler gleich der Differenz der beiden ersten ist, nach unserem Lehrsatze

$$\frac{\mu \sin \alpha}{\mathfrak{y}} - \frac{\nu \sin \beta}{\mathfrak{p}} = -Q$$

oder

$$\frac{1}{\nu \sin\beta\, \mathfrak{y}} - \frac{1}{\mu \sin\alpha\, \mathfrak{p}} = -\frac{Q}{\mu\,\nu \sin\alpha\, \sin\beta}\,.$$

Aus der letzten Gleichung folgt schließlich in bekannter Weise für die Ordinate des sagittalen Bildpunktes nach m Brechungen

$$\frac{1}{\mathfrak{y}_m} = \frac{\nu_m \sin\beta_m}{\mu_1 \sin\alpha_1}\,\frac{1}{\mathfrak{p}_1} - \nu_m \sin\beta_m \sum_1^m \frac{\nu\cos\zeta - \mu\cos\varepsilon}{\mu\,\nu\sin\alpha\sin\beta\,\varrho}\,.$$

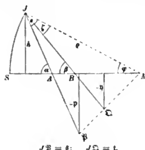


Fig. 1.

Meridianschnitt.

Auch hier entwickelt man die früher gefundenen Beziehungen am bequemsten unmittelbar aus der zweiten Abbeschen Formel.

1. *Ebenensysteme.* Sie sind bereits von M. von Rohr, Die Theorie der optischen Instrumente. 1904. 1. Bd. *S. 252—254* in dieser Weise behandelt worden; eine Umformung der Abbeschen Gleichung ist in diesem Falle nicht erforderlich.

2. *Abweichungsfreie Flächen.* Besteht das optische System aus lauter in bezug auf den Blendenmittelpunkt abweichungsfreien Flächen, so ergibt sich aus der Schnittweitengleichung

$$\frac{\nu\cos^2\zeta}{t} - \frac{\mu\cos^2\varepsilon}{s} = \frac{\nu\cos\zeta - \mu\cos\varepsilon}{\varrho} = Q,$$

nach Einführung der Ordinaten des Objekt- und Bildpunktes, p und y (vgl. Fig. 1), zunächst

$$\frac{\nu\sin\beta\cos^2\zeta}{h - y} - \frac{\mu\sin\alpha\cos^2\varepsilon}{h - p} = Q.$$

Für Q kann nach dem Obigen geschrieben werden

$$Q = \frac{\nu\sin\beta - \mu\sin\alpha}{h}\,.$$

Multiplizieren wir im Zähler dieser Gleichung $\sin\beta$ mit $\sin^2\zeta + \cos^2\zeta = 1$, $\sin\alpha$ mit $\sin^2\varepsilon + \cos^2\varepsilon = 1$, so wird, unter Berücksichtigung von $\mu\sin\varepsilon = \nu\sin\zeta$,

$$Q = \frac{\nu\sin\beta\cos^2\zeta - \mu\sin\alpha\cos^2\varepsilon + \mu\sin\varepsilon\,(\sin\beta\sin\zeta - \sin\alpha\sin\varepsilon)}{h}\,.$$

Für abweichungsfreie Flächen der ersten und der zweiten Art ist nun aber $\sin\varepsilon = 0$ bezw. $\sin\beta\sin\zeta - \sin\alpha\sin\varepsilon = 0$, folglich

$$Q = \frac{\nu\sin\beta\cos^2\zeta - \mu\sin\alpha\cos^2\varepsilon}{h}\,.$$

Damit verwandelt sich die letzte Gleichung für $h - y$ in

$$\frac{\nu \sin\beta \cos^2\zeta}{h - y} - \frac{\mu \sin\alpha \cos^2\varepsilon}{h - p} = \frac{\nu \sin\beta \cos^2\zeta - \mu \sin\alpha \cos^2\varepsilon}{h} = Q,$$

und hieraus folgt nach unserem Lehrsatze, unter Beifügung des Index c,

$$\frac{\mu_c \sin\alpha_c \cos^2\varepsilon_c}{y_c} - \frac{\nu_c \sin\beta_c \cos^2\zeta_c}{p_c} = -Q_c.$$

Indem man diese Gleichung mit $\mu_c \nu_c \sin\alpha_c \sin\beta_c \cos^2\varepsilon_c$ dividiert, dann mit

$$\pi_c^{\,2} = \frac{\cos^2\varepsilon_1 \cos^2\varepsilon_2 \ldots\ldots \cos^2\varepsilon_c}{\cos^2\zeta_1 \cos^2\zeta_2 \ldots\ldots \cos^2\zeta_c}$$

multipliziert und auf der rechten Seite

$$\frac{\pi_{c-1}\,\pi_c}{\cos\varepsilon_c \cos\zeta_c} \quad \text{statt} \quad \frac{\pi_c^{\,2}}{\cos^2\varepsilon_c}$$

einführt, ergibt sich die Rekursionsformel

$$\frac{\pi_c^{\,2}}{\nu_c \sin\beta_c\, y_c} - \frac{\pi_{c-1}^2}{\mu_c \sin\alpha_c\, p_c} = -\frac{\pi_{c-1}\,\pi_c\, Q_c}{\mu_c \nu_c \sin\alpha_c \sin\beta_c \cos\varepsilon_c \cos\zeta_c}.$$

Diese führt dann schließlich für ein System von m abweichungsfreien Flächen auf die schon früher gefundene Beziehung

$$\frac{1}{y_m} = \frac{\nu_m \sin\beta_m}{\mu_1 \sin\alpha_1}\left(\frac{1}{\pi_m}\right)^2 \frac{1}{p_1} - \sum_{c=1}^{c=m} \frac{\nu_m \sin\beta_m}{\sin\alpha_c \sin\beta_c}\, \frac{\pi_{c-1}}{\pi_m}\, \frac{\pi_c}{\pi_m}\, \frac{\nu_c \cos\zeta_c - \mu_c \cos\varepsilon_c}{\mu_c \nu_c \cos\varepsilon_c \cos\zeta_c\, \varrho_c}.$$

3. *Konzentrische Systeme.* Schreiben wir die Abbesche Gleichung für die meridionalen Büschel

$$\frac{\nu\cos\zeta}{t\sec\zeta} - \frac{\mu\cos\varepsilon}{s\sec\varepsilon} = \frac{\nu\cos\zeta - \mu\cos\varepsilon}{\varrho} = Q,$$

so erhalten wir nach unserem Lehrsatze als Nebenform dieser Gleichung, wie schon erwähnt,

$$\frac{\mu\cos\varepsilon}{t\sec\zeta - \varrho} - \frac{\nu\cos\zeta}{s\sec\varepsilon - \varrho} = Q$$

und nach Division mit $\mu\nu\cos\varepsilon\cos\zeta$

$$\frac{1}{\nu}\,\frac{1}{t - \varrho\cos\zeta} - \frac{1}{\mu}\,\frac{1}{s - \varrho\cos\varepsilon} = \frac{Q}{\mu\nu\cos\varepsilon\cos\zeta},$$

also für m brechende Flächen das folgende System von Gleichungen:

$$\left\{\begin{array}{l}
\dfrac{1}{\nu_1}\,\dfrac{1}{t_1 - \varrho_1\cos\zeta_1} - \dfrac{1}{\mu_1}\,\dfrac{1}{s_1 - \varrho_1\cos\varepsilon_1} = \dfrac{Q_1}{\mu_1\nu_1\cos\varepsilon_1\cos\zeta_1},\\[2ex]
\dfrac{1}{\nu_2}\,\dfrac{1}{t_2 - \varrho_2\cos\zeta_2} - \dfrac{1}{\mu_2}\,\dfrac{1}{s_2 - \varrho_2\cos\varepsilon_2} = \dfrac{Q_2}{\mu_2\nu_2\cos\varepsilon_2\cos\zeta_2},\\[2ex]
\dfrac{1}{\nu_3}\,\dfrac{1}{t_3 - \varrho_3\cos\zeta_3} - \dfrac{1}{\mu_3}\,\dfrac{1}{s_3 - \varrho_3\cos\varepsilon_3} = \dfrac{Q_3}{\mu_3\nu_3\cos\varepsilon_3\cos\zeta_3},\\[2ex]
\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\\[2ex]
\dfrac{1}{\nu_m}\,\dfrac{1}{t_m - \varrho_m\cos\zeta_m} - \dfrac{1}{\mu_m}\,\dfrac{1}{s_m - \varrho_m\cos\varepsilon_m} = \dfrac{Q_m}{\mu_m\nu_m\cos\varepsilon_m\cos\zeta_m}.
\end{array}\right.$$

In konzentrischen Systemen ist nnn aber, wie aus Fig. 2 ersichtlich,

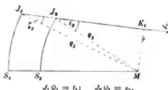
$$t_1 - \varrho_1 \cos \zeta_1 = s_2 - \varrho_2 \cos \varepsilon_2 = \overline{K_1 Q_1}$$

nnd ebenso

$$t_2 - \varrho_2 \cos \zeta_2 = s_3 - \varrho_3 \cos \varepsilon_3 \quad \text{u. s. w.}$$

Das soeben angegebene System von Gleichnngen ist also rekurrierend. Mithin erhalten wir nach Summation der letzteren

$$\frac{1}{\nu_m} \frac{1}{t_m - \varrho_m \cos \zeta_m} = \frac{1}{\mu_1} \frac{1}{s_1 - \varrho_1 \cos \varepsilon_1} + \sum_1^m \frac{\nu \cos \zeta - \mu \cos \varepsilon}{\mu \nu \cos \varepsilon \cos \zeta \varrho}.$$



$J_1 Q_1 = t_1; \quad J_2 Q_1 = s_2.$

Fig. 2.

Erweiterung der Formel von Lagrange-Helmholtz.

Wie wir oben sahen, gilt für den Sagittalschnitt die Beziehung

$$\frac{\nu \sin \beta}{h - \mathfrak{y}} - \frac{\mu \sin \alpha}{h - \mathfrak{p}} = Q = \frac{\nu \sin \beta - \mu \sin \alpha}{h}.$$

Daraus folgt dann ohne weiteres

$$\nu \sin \beta \left(\frac{1}{h - \mathfrak{y}} - \frac{1}{h} \right) = \mu \sin \alpha \left(\frac{1}{h - \mathfrak{p}} - \frac{1}{h} \right),$$

$$\frac{\nu \sin \beta \, \mathfrak{y}}{h - \mathfrak{y}} = \frac{\mu \sin \alpha \, \mathfrak{p}}{h - \mathfrak{p}}, \qquad \frac{h - \mathfrak{p}}{h - \mathfrak{y}} = \frac{\mu \sin \alpha \, \mathfrak{p}}{\nu \sin \beta \, \mathfrak{y}}$$

oder, wenn wir $h - \mathfrak{p} = \mathfrak{s} \sin \alpha$, $h - \mathfrak{y} = \mathfrak{t} \sin \beta$ setzen,

$$\frac{\mathfrak{s}}{\mathfrak{t}} = \frac{\mu \mathfrak{p}}{\nu \mathfrak{y}}.$$

Nach Einführung der Büschelwinkel $\mathfrak{v}$ und $\mathfrak{w}$ ergibt sich weiter

$$\frac{\mathfrak{w}}{\mathfrak{v}} = \frac{\mu \mathfrak{p}}{\nu \mathfrak{y}}$$

nnd hieraus die Beziehung

$$\nu \mathfrak{w} \mathfrak{y} = \mu \mathfrak{v} \mathfrak{p}.$$

Die reduzierten Ordinaten konjugierter Punkte eines sagittalen Büschels ($\mu \mathfrak{p}$, $\nu \mathfrak{y}$) *sind also bei beliebig großer Hauptstrahlneigung den zugehörigen Büschelwinkeln* ($\mathfrak{v}$, $\mathfrak{w}$) *umgekehrt proportional.*

Mit anderen Worten: *Die Lateralvergrößerung sagittaler Büschel* ($\mu \mathfrak{v} / \nu \mathfrak{w}$) *ist gleich dem Verhältnisse der Ordinaten* ($\mathfrak{y} / \mathfrak{p}$) *der zugehörigen sagittalen Punkte.*

Bei unendlich kleinen Werten von $\mathfrak{p}$ und $\mathfrak{y}$ geht die letzte Formel in die Gleichung von Lagrange-Helmholtz über, weil man im fadenförmigen Raume das Konvergenzverhältnis der sagittalen Büschel mit demjenigen direkter (aus der Mitte der Objektebene) vertauschen kann.

Referate.

Die neuen Apparate zur raschen Messung geodätischer Grundlinien.

Von J. R. Benoit u. Ch. Éd. Guillaume. *Sonderabdruck aus d. Proc. verb. des Séances du Comité intern. des Poids et Mesures 1905. 8°. 51 S. m. 15 Fig. — 2. Aufl. 8°. 88 S. m. 19 Fig. Paris. Gauthier-Villars 1906: Journ. de phys.* **5.** *S. 242. 1906.*

Die Pariser Versammlung der Erdmessung im Jahre 1900 hat dem internationalen Maß- und Gewichtsbureau den Wunsch ausgesprochen, es möge die Anwendung des Invardrahtes in der Jäderinschen Basismeßmethode studieren. Die beiden Direktoren des Bureaus übergeben hier die Resultate ihrer Studien der Öffentlichkeit.

Die Arbeit zerfällt in drei Teile; im ersten wird die Konstanz der Invardrähte und die Genauigkeit, die sie überhaupt zu erreichen gestatten, untersucht, im zweiten und dritten werden die Einrichtungen bei der Messung im Gelände besprochen. Bei den dem ersten Teil zugrunde liegenden Beobachtungen haben den Verf. die Hrn. Maudet und Tarrade zur Seite gestanden, während an den im zweiten Teil erwähnten Konstruktionen Hr. Carpentier wesentlichen Anteil hat.

Das folgende Referat bezieht sich zunächst auf die 1. Aufl. der Schrift.

Das Verhalten der Drähte aus Invar *A* wurde schon vor längerer Zeit mit dem von Drähten aus einer Stahllegierung *B* mit nahezu dem Ausdehnungskoeffizienten des Platins (51 Stahl, 49 Nickel) und mit dem von Drähten aus einer Legierung *C* mit nahezu dem Ausdehnungskoeffizienten des Messings (75 Stahl, 22 Nickel, 3 Chrom) verglichen; dabei zeigten sich die Invardrähte den Legierungen *B* und *C* in jeder Beziehung so weit überlegen, daß die weitere Untersuchung auf sie beschränkt blieb. Die Länge der Drähte wurde verglichen mit der Entfernung zweier Marken, die an der einen der sehr starken Wände eines unter dem Gelände gelegenen Gangs unter dem Observatorium des Bureaus angebracht sind. Die Marken sind Striche auf Nickelplatten, die ihrerseits auf starken in der Mauer verankerten Bronzeplatten sitzen. Die Entfernung der zwei Endmarken ist 24 *m*; dazwischen sind 5 weitere Marken, die Abschnitte von je 4 *m* herstellen und in Lage und Höhe bis auf 0,1 bis 0,2 *mm* in eine horizontale Gerade gebracht sind. Die Abstände der 4 *m*-Marken werden in der Regel absolut mit einem 4 *m*-Invarstab gemessen, dessen Konstanten sehr genau ermittelt sind, und der über zwei auf Dreifüßen ruhende Rollen gelegt ist; diese absoluten Messungen werden 4-mal im Jahr gemacht. Die Vergleichungen der Länge der Versuchsdrähte mit dieser Grundlinie dagegen werden jedenfalls wöchentlich einmal, oft 2 oder 3-mal ausgeführt.

Die Temperaturausdehnung der Drähte, die sich für die aus demselben Invarstück hergestellten als für alle praktischen Anforderungen genau gleich zeigte, wurde mit dem Komparator stets unter den Umständen bestimmt, unter denen die Drähte praktisch verwendet werden, nämlich bei 10 *kg* Zugspannung; man erhält so nicht die wahren Wärmeausdehnungen, sondern die durch die entsprechende elastische Deformation veränderten Werte. Es ist bekannt, daß im Gegensatz zu den andern Metallen und Legierungen die elastischen Formänderungen des Invars mit steigender Temperatur geringer werden, sodaß also die Temperaturausdehnung des Invars unter Zugspannung etwas kleiner ist als die Ausdehnung ohne Zugspannung.

Seit mehreren Jahren sind die sämtlichen untersuchten Drähte Invarstücke, denen zwischen 0° und 4° die mittleren Ausdehnungen

Invar 259 : $(+0{,}028 - 0{,}00232\,t)\cdot 10^{-6}$,

„ 617[1]: $(+0{,}337 + 0{,}00007\,t)\cdot 10^{-6}$,

„ 715[1]: $(+0{,}094 - 0{,}00026\,t)\cdot 10^{-6}$

zukommen. In der Nähe von 15° ist der Einfluß des Temperaturfehlers 1° auf die Länge der Drähte 259 nur $^1/_{24\,000\,000}$, auf die Länge der Drähte 617 $^1/_{3\,000\,000}$, auf die Drähte 715 $^1/_{13\,000\,000}$

[1]) Die Zahlen für diese Drähte sind der 2. Auflage entnommen.

der Länge. Das Material 259 ist freilich ein ganz besonders gelungenes Prodnkt, das kaum anders als durch Zufall wieder erreicht werden kann; dagegen glauben die Verf. verbürgen zu können, daß in den Stahlwerken von Imphy stets mit Sicherheit Drähte hergestellt werden, deren Ausdehnung geringer ist als die der Drähte 617, die bereits nur noch rund $^1/_{30}$ von der des gewöhnlichen Stahls beträgt.

Sehr wichtig ist, daß der Draht zwischen dem Zustand der Aufrollung und dem der Ausstreckung innerhalb der Grenzen der elastischen Deformationen bleibe. Dies trifft nach den Erfahrungen der Verf. für die 1,6 bis 1,7 *mm* im Durchmesser haltenden Invardrähte zu, wenn der Übergang zwischen den Krümmungshalbmessern 25 *cm* und ∞ liegt; wenn der Anfrollungshalbmesser kleiner wird als 25 *cm*, so erleidet der Draht im Lauf der Zeit wesentliche dauernde Veränderungen. Nach der Herstellung werden die Drähte auf einem Zylinder von ebenfalls 50 *cm* Durchmesser sehr allmählich (in zwei bis drei Monaten) von 100° auf etwa 20° abgekühlt; und auf Rollen mit demselben Durchmesser werden sie versandt.

An den Enden der Versuchsdrähte sind kurze, in Millimeter eingeteilte Maßstäbchen aus Invar angebracht. Da die Tangenten an die Drahtkurve in den Endpunkten des normal (mit 10 *kg*) gespannten Drahtes eine Neigung von 0,024 (oder 1,37°) gegen die Horizontale haben, so würde man sehr merklich verschiedene Ablesungen an den Strichen, deren Entfernung an den Drähten verglichen werden soll, erhalten, je nachdem die Teilkante des am Draht befestigten Ablesemaßstäbchens über oder unter dem Draht liegen würde. Die Maßstäbe sind deshalb neuerdings in der Art gekröpft angeordnet, daß ihre Teilkante in der Fortsetzung der Achse des Drahtes liegt. Ausführlich mitgeteilte Versuche zeigten, daß die jetzige Form der Maßstäbchen allen Anforderungen genügt.

Für die unter der Bodenoberfläche liegende 24 *m*-Mauergrundstrecke selbst wurde ein Ausdehnungskoeffizient von 0,178 *mm* auf 1° ermittelt (7,41$^{\mu}$ pro 1 *m* und 1°); die hiernach berechneten Längen der Grundstrecke bei verschiedenen Temperaturen (zwischen 7° und 16$^1/_2$°, und die aus der Vergleichung mit 6 Invardrähten sich ergebenden Längen zeigen sehr befriedigende Übereinstimmung. Die von den einzelnen Drähten gelieferten Zahlen beweisen ferner große Konstanz der Drähte während der Dauer von 10 Monaten; die Transporte und ebenso die periodische Spannung mit 10 *kg* brachten keine nachweisbaren Veränderungen der Drahtlängen hervor. Größere Spannungen, denen einige Drähte versuchsweise ausgesetzt wurden, erzeugten dagegen starke dauernde Dehnungen, die bei der wieder auf 10 *kg* gebrachten Spannung gemessen wurden; so war bei einem (älteren) Draht von 2,2 *mm*² Querschnitt bei 20 *kg* Belastung nach 45 Stunden die dauernde Dehnung noch 0,00 *mm*, bei 30 *kg* nach 51 Std. 0,11 *mm*; bei 40 *kg* nach 6 Std. 0,12, nach 31 Std. 0,16, nach 47 Std. 0,16 *mm*; bei 50 *kg* nach 8 Std. 0,19, nach 24 Std. 0,31, nach 72 Std. 0,39, nach 100 Std. 0,43, nach 142 Std. 0,41 *mm*; bei 60 *kg* nach 95 Std. 0,59 *mm*.

Einer der Drähte ist auch noch viel stärkeren Belastungen ausgesetzt worden, zwischen 60 und 160 *kg* von je 10 zu 10 *kg*; die Dauer der Belastung betrug im allgemeinen je 1 Tag, mit 160 *kg* 3 Tage; für den stärksten Zug von 160 *kg* oder 73 *kg* pro *mm*² war die dauernde Verlängerung 0,00066 der Länge, etwas über $^1/_{10}$ der elastischen Verlängerung unter derselben Belastung, während bei 50 *kg* Zug die dauernde Verlängerung nur $^1/_{100}$ der elastischen war. Die jetzigen Drähte werden nur 24 Stunden dem Zug 60 *kg* ausgesetzt, was vollständig ausreicht zur Erprobung der Härtung der Drähte u. s. f.[1]).

Über die Wirkung zahlreicher Aufrollungen (auf eine Trommel und frei) und Abrollungen der Drähte und längerer Aufbewahrung in aufgerolltem oder in mäßig gespanntem gestrecktem Zustand sind ebenfalls zahlreiche Versuche angestellt worden. Die ersten Aufrollungen auf eine Trommel von 50 *cm* Durchmesser nach einer Streckung machen die Drähte kürzer; jedoch liegen schon nach fünf Aufrollungen die Veränderungen innerhalb der Beobachtungsfehler. Die Drähte wurden nach 60 Aufrollungen wieder 24 Stunden

[1]) Neuerdings hergestellte Drähte sind härter als diejenigen, auf die sich obige Zahlen beziehen. die dauernde Verlängerung unter 60 *kg* während 24 Stdn. ist im Mittel nur noch 0,2 *mm* für 24 *m*.

lang dem Zug 60 *kg* ausgesetzt und zeigten sich dann etwas länger als zu Beginn. Freie Zusammenrollungen zeigten denselben Gang der Länge wie die ersten Aufrollungen auf die Trommel. Mehr als 12000 Ablesungen haben endlich die praktisch genaue Unveränderlichkeit lange Zeit gerollt aufbewahrter Drähte gezeigt.

Eine merkwürdige Beobachtung ist noch näher untersucht: starke Erschütterungen der Drähte verändern ihre Länge, erhöhen in der Folge aber gleichzeitig ihre Stabilität. Die Drähte wurden außerhalb der Endmaßstäbchen ergriffen und gegen den Fußboden geschlagen; dabei erhielt z. B. der oben bereits angeführte Draht A_{27}, der durch 160 *kg* Zug in 3 Tagen eine dauernde Verlängerung von etwas über 16 *mm* erfahren hatte, nach 100, 300, 500, 1000, 1500, 2500 Schlägen gegen den Fußboden eine Verkürzung um 1,34, 3,20, 4,04, 5,21, 6,75, 8,88 *mm*. Nach etwas über 3000 Schlägen zerbrach der Draht, sodaß der Versuch nicht zu Ende geführt werden konnte. Aber an andern Drähten, die weniger starken Streckungen ausgesetzt worden waren, hat sich gezeigt, daß eine genügende Zahl von Stößen (Schlägen) ihre Länge unter das vor der Streckung vorhandene Maß zurückbrachte; so hat sich z. B. ein Draht, der unter der Belastung von 100 *kg* um 0,88 *mm* länger geworden war, um 1,92 *mm* verkürzt nach 100 Schlägen, 3,32 nach 300, 3,77 nach 500 Schlägen, er ist also im ganzen um fast 3 *mm* unter die Anfangslänge vor der Streckung zurückgegangen. Deutlich zeigte sich stets, daß die starken Erschütterungen das Material des Drahts in eine größere Konstanz überführten, als sie bald nach der Drahtziehung vorhanden war. Gegenwärtig werden die Drähte zuerst 200-mal geschlagen, bevor die Endmaßstäbchen angebracht werden, nach deren Befestigung 24 Stunden lang dem Zug 60 *kg* ausgesetzt, endlich von neuem, meist 100-mal, geschlagen. Diese letzten 100 Erschütterungen bringen in der Regel 0,6 bis 0,7 *mm*, sehr selten 1 *mm* Verkürzung. Die Erschütterungen, denen die Drähte beim Feldgebrauch ausgesetzt sein können, erreichen bei weitem nicht die Intensität jener absichtlichen Stöße; es ist aber nicht ausgeschlossen, daß auch schwächere Erschütterungen, wenn sie sehr häufig eintreten, z. B. das Rütteln bei langen Eisenbahntransporten, eine merkliche Verkürzung der Drähte hervorbringen können.

Das Neupolieren rostig gewordener Drähte hat in manchen Fällen merkbare Verlängerungen hervorgebracht.

Im *zweiten Teil* der Schrift werden die Hülfsinstrumente der Grundlinienmessung mit den Drähten behandelt, nämlich 1. die Zwischenmarken in 24 *m* Entfernung voneinander, durch Kreuzschnitt auf dem Kopf eines mikrometrisch über einer Bronzeplatte verschiebbaren Bolzens bezeichnet, wobei die mit Stellschrauben versehene Bronzeplatte auf einem starken hölzernen Dreifuß liegt; die Bronzeplatte trägt seitlich einen zweiten Bolzen zum Aufstecken sowohl eines Zielzeichens als 2. des Nivellierfernrohrs mit Libelle. Im Fokus (der allein in Betracht kommenden Entfernung von 24 *m* entsprechend) ist eine photographische Skale angebracht, deren Teile je $^1/_{1000}$ Neigung entsprechen, sodaß die Ablesung des Zielzeichenstrichs auf dem folgenden Dreifuß sofort die Neigung der beide Punkte verbindenden Geraden in zehntel Prozenten, durch Schätzung in hundertel Prozenten, liefert. 3. Das Alignementsfernrohr wird auf den zentrischen, oben den Kreuzschnitt tragenden Bolzen aufgesteckt. 4. Die Spannung des Drahts mit 10 *kg* wird durch ein Gewicht hergestellt, das über eine Rolle an dem mit Streben versehenen Spannstab geleitet ist. 5. Die Trommel zum Aufrollen der Drähte besteht aus Aluminium; der Aufrollapparat ist von Carpentier verbessert worden. Auch über die Fest- (End-) Punkte der zu messenden Grundlinie und über verschiedene Hülfsapparate werden in diesem zweiten Teil noch Mitteilungen gemacht.

Der *dritte Teil* endlich enthält einige Notizen über die Handhabung des neuen Basismeßapparats im Gelände. Der Anschluß an den Endpunkt der zu messenden Grundlinie wird mit Hülfe eines Drahts von 8 *m* und eines Bandes von 4 *m* Länge erreicht. Was die Arbeitsleistung bei der Messung betrifft, so soll bei genügend zahlreichem und geschultem Personal die Geschwindigkeit 500 bis 1000 *m* in der Stunde leicht erreicht werden können; dem entspricht auch die Messung der Grundlinie von Schubin durch Prof. Borrass-Potsdam, wo während 9 aufeinanderfolgenden Tagen die Geschwindigkeit von über 5 *km* im Tag trotz

ungünstigen Wetters (Regen und starker Wind) festgehalten werden konnte. An Genauigkeit endlich ist $^1/_{500000}$ der gemessenen Grundlinie leicht zu erreichen, selbst $^1/_{1000000}$ und noch kleinere Fehler haben sich bei Versuchs- und praktischen Messungen oft gezeigt.

Die zweite Auflage der Schrift ist im Vergleich mit der ersten wesentlich erweitert. Zahlreiche neue Erfahrungen und Versuche sind aufgenommen; diese haben zwar, wie die Verf. im Vorwort sagen, „keines der Ergebnisse verändert, zu denen die früheren Studien geführt haben; da aber jene Schlüsse sich auf viel zahlreichere und über längere Zeit sich verteilende Beobachtungen stützen, so haben sie an Sicherheit wesentlich gewonnen".

Hinzugefügt sind besonders Erfahrungen über *lange* Drähte, 72 *m*, die mit 20 *kg* Spanngewicht versehen wurden; dabei hat aber eine einzelne Vergleichung des Drahts mit der durch 3 Lagen eines gewöhnlichen 24 *m*-Drahts gemessenen Basis von 72 *m* einen mittleren Fehler von etwas über $^1/_{10}$ *mm* (0,12 *mm*) gezeigt, während der m. F. jener Messung der 72 *m*-Grundlinie durch die 3 Lagen des 24 *m*-Drahts nicht über $^1/_3$ dieses Betrags hinausgeht. Die Genauigkeit sinkt also rasch mit Anwendung sehr langer Drähte, die aber selbstverständlich gelegentlich notwendig sein können, z. B. bei der Überschreitung von Flüssen; für gewöhnlich wird man bei der 24 *m*-Länge des Drahts bleiben, die Jäderin gewählt hat. Ferner finden sich in der 2. Aufl. weitere Angaben über Ausführung und Berechnung der Messungen, wobei auch die Erfahrungen von Borrass besprochen werden; der Anhang endlich gibt mehrere Tabellen: Tab. I enthält die Wärmeausdehnungswerte des Drahts Nr. 259, der, von 0° Temperatur ausgehend, zunächst sehr geringe Ausdehnung zeigt, bei + 12° aber seine ursprüngliche Länge wieder erreicht und bei weiterem Steigen der Temperatur an Länge wieder abnimmt; Tab. Ib gibt die Wärmeausdehnungszahlen für die Drähte 617 und 715. Die Tab. II liefert ausführlich und bequem die Reduktionen der geneigten Drahtstrecken von 24 *m* auf die Horizontale, Tab. III und IIIb endlich die Korrektion wegen unsymmetrischer Durchbiegung des Drahts von 24 *m* mit dem Spanngewicht 10 *kg* und des Drahts von 72 *m* mit dem Spanngewicht 20 *kg* bei ungleicher Höhe beider Enden.

Es ist keine Frage, daß die Jäderinsche Methode der Drahtmessung geodätischer Grundlinien durch die Einführung der Invardrähte und die neuen Hülfsapparate weitgehende Verbesserungen in Raschheit, Bequemlichkeit und Genauigkeit erfahren hat, und daß bei der jetzt leicht erreichbaren Geschwindigkeit und relativ sehr hohen Genauigkeit der Messung die direkte Messung zahlreicher Triangulationsgrundlinien im Vergleich mit der seither fast ausschließlich angewandten Horizontalwinkelmessung stark in den Vordergrund gerückt werden wird[1]). *Hammer.*

Über die Kompressibilität von Gasen zwischen einer Atmosphäre und einer halben Atmosphäre Druck.

Von Lord Rayleigh. *Zeitschr. f. phys. Chem.* **52.** *S. 705. 1905.*

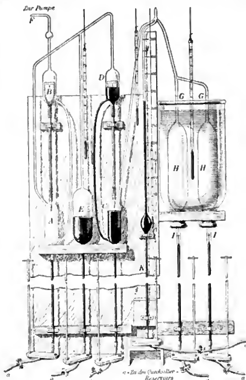
Die vorliegende Arbeit bildet die Fortsetzung zweier anderen, die sich mit dem Verhalten der Gase einmal bei sehr niedrigen Drucken zwischen 0,01 und 1,5 *mm* Quecksilber, andererseits bei der Druckänderung von 75 *mm* auf 150 *mm* beschäftigen. Über die erstere dieser beiden Arbeiten ist in *dieser Zeitschr.* **21.** *S. 271. 1901* eingehend berichtet. In der zweiten Arbeit wurde ein Apparatur benutzt, welche auch in der vorliegenden Untersuchung teilweise in verbesserter Form zur Verwendung kam, sodaß auf ein Referat über die zweite Mitteilung verzichtet werden kann; doch bietet es im Hinblick auf die neuerdings gewonnenen Resultate ein Interesse, die Ergebnisse der zweiten Mitteilung hier wiederzugeben. Wird der Druck eines Gases verdoppelt, so sollte, strenge Gültigkeit des Boyleschen Gesetzes angenommen, das Produkt aus Druck und Volumen ungeändert bleiben. In Wirklichkeit

[1]) Kürzlich ist nach einer frdl. Mitteilung des Hrn. Guillaume unter seiner Mitwirkung von der Schweizerischen geodätischen Kommission eine Messung durch den Simplon-Tunnel ausgeführt worden, bei der, trotz der großen Schwierigkeiten, die durch die Dunkelheit und die Temperaturverhältnisse entstanden, die Hin- und Rückwärts-Messung (im ganzen 40 *km*) nur 5 Tage dauerte.

ist das aber nicht der Fall. Bezeichnet man nun das Verhältnis der Produkte aus Druck und Volumen bei Steigerung des Druckes auf den doppelten Betrag mit B, setzt also $B = \frac{pv \text{ bei } 75\,mm \text{ Druck}}{pv \text{ bei } 150\,mm \text{ Druck}}$, so fand Lord Rayleigh folgende Werte:

	B
Luft	0,99997
Wasserstoff	0,99997
Sauerstoff	1,00024
Stickstoffoxydul	1,00066
Argon	1,00021
Kohlenoxyd	1,00005

Die in vorliegender Arbeit benutzte Versuchsanordnung ist hierunter abgebildet. Sie besteht zunächst aus zwei möglichst identischen Manometern AB und CD, welche durch „Nebeneinanderschaltung" in ihren Angaben miteinander verglichen werden können, sodaß sie alsdann in „Hintereinanderschaltung" einen Druck zu messen gestatten, der das Doppelte des vom einzelnen Manometer angegebenen ist.



Jedes Manometer wird von zwei übereinander liegenden Quecksilberniveaus gebildet, deren Entfernung durch eine Maßstange festgelegt wird. Diese Maßstange, welche das Verbindungsrohr zwischen dem oberen und unteren Quecksilbergefäß (B und A bezw. D und C) nahezu ausfüllt — der geringe noch verbleibende Raum ist durch Kitt vollkommen abgedichtet — läuft nach unten in eine Spitze aus; an ihrem oberen Ende teilt sie sich in eine Art Gabel, welche in ihrer Mitte gleichfalls eine nach unten gerichtete Spitze trägt. Die Quecksilberniveaus werden dann bei der Messung in bekannter Weise auf die Berührung der Spitzen mit ihren Spiegelbildern eingestellt und dadurch der Druck auf die Entfernung der Spitzen voneinander, die durch zuvorige Messung in beiden Fällen zu nahezu 381 mm ermittelt war, festgelegt.

Wird nur der einfache Druck gemessen, so tritt nur das rechts befindliche Manometer in Aktion, indem die obere Kammer D auf dem Umwege über AB von F her evakuiert wird. Bei Einstellung des doppelten Druckes wirkt die Pumpe lediglich auf die obere Kammer B des linken Manometers. Die Einstellung der Niveaus in den Kammern A und D und somit die Regulierung des Volumens des den Druck vom einen zum andern Manometer übertragenden Gases erfolgt dann durch das Hilfsreservoir E.

Das auf sein Verhalten zu untersuchende Gas befindet sich in den beiden dem Rauminhalt nach gleichen Reservoiren HH, welche durch Marken II und GG nach unten und oben begrenzt sind. Das im einen Reservoir abgesperrte Gasquantum kann also durch Freigabe auch des anderen Reservoirs leicht auf das doppelte Volumen gebracht werden. Die Be-

dingung der Gleichheit der Volumina HH ist praktisch natürlich schwer erfüllbar, man kann sie jedoch dadurch ersetzen, daß man aus zwei Beobachtungen, bei denen einmal das linke, das andere Mal das rechte Reservoir als Behälter für das unter doppeltem Druck stehende Gas dient, das Mittel nimmt. Das einfache Volumen ist dann rechnerisch genau die Hälfte des in den beiden H zusammen erhaltenen Volumens.

Wie man leicht aus der Abbildung ersieht, geht noch das zwischen C, J und GG liegende Volumen als schädlicher Raum ein. Um diesen zu eliminieren, dient ein Hülfsrohr JK mit einer eingeblasenen Erweiterung. Schaltet man nämlich die beiden Reservoire HH aus, indem man das Quecksilber bis an die Marken GG steigen läßt, so kann man jetzt einen Versuch allein mit dem schädlichen Raum ausführen, wobei das doppelte Volumen durch Freigabe der entsprechend dimensionierten Erweiterung gewonnen wird. Wird dieser Hülfsversuch mit dem Hauptversuch passend kombiniert, so fällt, wie eine einfache Rechnung, die der Verf. durchführt, zeigt, das Volumen der Erweiterung ganz heraus, und auch das Volumen des übrigen schädlichen Raumes wird bis auf kleine Stückchen der zylindrischen Röhre JK ober- und unterhalb der Erweiterung eliminiert. Wird also diese Röhre vor der Benutzung kalibriert, so kann man allein aus Ablesungen an einer hinter der Röhre befindlichen Skala beim Haupt- und beim Hülfsversuch dem Einflusse des schädlichen Raumes genügend Rechnung tragen.

Zur Vervollständigung der Beschreibung der Apparatur sei noch bemerkt, daß alle vertikalen Röhren, welche den einzelnen Reservoiren das Quecksilber von unten her zuführen, genügend über Barometerhöhe lang sind, sodaß der innere Druck in den Schläuchen stets größer war als der äußere; hierdurch wurde das Eindringen von Luft und Feuchtigkeit in die Schläuche vermieden.

Die Einstellung der Niveaus erfolgte durch Heben und Senken der angeschlossenen Quecksilbergefäße; zur Feinregulierung dienten Quetschhähne, welche, um Erschütterungen zu vermeiden, an den Schläuchen nur dort angreifen durften, wo diese auf dem Fußboden lagen.

Auf die an den direkten Beobachtungsergebnissen anzubringenden Korrektionen soll hier nicht näher eingegangen werden. Sie werden in erster Linie durch den Einfluß der Temperatur bedingt, zu deren Ermittelung vier passend angebrachte Thermometer dienten. Weiter erfordert der Umstand Berücksichtigung, daß die Volumina der Gefäße — namentlich der Reservoire HH — verschieden in Ansatz gebracht werden müssen, je nachdem sie von innnen her dem einfachen oder doppelten Drucke ausgesetzt sind. Die einschlägigen Reduktionen wurden rechnerisch und experimentell in guter Übereinstimmung ermittelt.

Die vom Verfasser gewonnenen Schlußresultate sind in der folgenden Tabelle wiedergegeben, wobei jetzt natürlich

$$B = \frac{pv \text{ bei } 1/2 \text{ Atmosphäre}}{pv \text{ bei } 1 \text{ Atmosphäre}}$$

zu setzen ist.

	B	Temperatur
Sauerstoff	1,00038	11,2° C.
Wasserstoff	0,99974	10,7
Stickstoff	1,00015	14,9
Kohlenoxyd	1,00026	13,8
Luft	1,00023	11,4
Kohlendioxyd	1,00279	15,0
Stickoxydul	1,00327	11,0
Ammoniak	1,00632	9,7

Hinsichtlich der Folgerungen, teilweise theoretischer Natur, welche der Verf. aus seinen Beobachtungen ableitet, mag auf das Original verwiesen werden. *Schl.*

Vergleichung des Platinthermometers mit dem Gasthermometer zwischen 444° und — 190° C.

Von M. W. Travers und A. G. C. Gwyer. *Zeitschr. f. phys. Chem.* **52.** *S. 437. 1905.*

Ein Platinwiderstand von reinem Platin (von Johnson & Matthey) wurde mit einem Gasthermometer in flüssiger Luft und in einem Kohlensäure-Alkoholgemisch verglichen. Das benutzte Gasthermometer ist bereits früher beschrieben worden und hatte zu fundamentalen Untersuchungen über die gasthermometrischen Skalen in tiefen Temperaturen gedient (vgl. das Referat in *dieser Zeitschr.* **25.** *S. 19. 1905*). Jetzt war es mit Wasserstoff als Meßgas angefüllt. Zur Bestimmung des Widerstandes diente eine Callendarsche Meßbrücke, deren Widerstände aus Platinsilber hergestellt waren, wodurch die Genauigkeit der Beobachtungen im Vergleich zu der mit Manganinwiderständen erreichbaren unnötigerweise verringert wird.

Die Messungen in flüssiger Luft und in dem Kohlensäure-Alkoholgemisch bereiteten hinsichtlich der Temperaturkonstanz kaum Schwierigkeiten, jedoch gelang es den Verf. trotz mehrfacher Versuche nicht, andere hinreichend konstante Temperaturen unter — 78° herzustellen. Danach scheint den Verf. nicht bekannt zu sein, daß auch für diese tiefen Temperaturen Thermostaten gebaut und mit Erfolg benutzt sind, die eine völlig ausreichende Temperaturkonstanz erzielen lassen[1]).

Der Platinwiderstand wurde ferner außer bei 0° und 100° noch bei folgenden Temperaturen gemessen:

1. dem Umwandlungspunkt des Natriumsulfats, der von Richards und Wells zu 32,383° ermittelt ist (vgl. das Referat in *dieser Zeitschr.* **23.** *S. 377. 1903*),
2. dem Siedepunkt des Naphthalins (217,9°),
3. dem Siedepunkt des Benzophenons (305,8°),
4. dem Schwefelsiedepunkt (444,5°),

wobei die eingeklammerten Zahlenwerte durch Callendar und Griffith mittels Platinthermometer bestimmt worden sind.

Die Messung ergab die bekannte Tatsache, daß eine in tiefen Temperaturen gültige quadratische Formel für die Abhängigkeit des Widerstandes von der Temperatur nur bis etwa + 30° gilt, darüber jedoch nicht, und daß umgekehrt ein nach der Callendarschen Methode beim Schwefelsiedepunkt geeichtes Platinthermometer schon bei — 78° Abweichungen von der durch 0°, 100°, 444,5° gelegten Parabel aufweist. *Rt.*

Das elektrochemische Äquivalent des Silbers.

Von G. van Dijk. *Ann. d. Physik* **19.** *S. 249. 1906.*

Einfluß einer starken Erhitzung des Silberniederschlags auf den Wert des elektrochemischen Äquivalents.

Von Demselben. *Arch. Néerl. des Sciences exactes et naturelles* **10.** *S. 277. 1905.*

Zur Ergänzung seiner mit Hrn. Kunst[2]) ausgeführten absoluten Bestimmungen des elektrochemischen Äquivalents des Silbers mittels der Tangentenbussole hat es der Verf. unternommen, das Silbervoltameter bei verschiedener Anordnung und Behandlungsweise noch weiter zu studieren, hauptsächlich zu dem Zweck, um seine nach den deutschen gesetzlichen Vorschriften[3]) ausgeführten Untersuchungen mit den Bestimmungen anderer Beobachter vergleichbar zu machen. Das Hauptkennzeichen seines Voltameters bestand darin, daß die in einen Platin-Tiegel oder eine Platin-Schale eintauchende stabförmige Silberanode von einer Soxhlet-Hülse zum Schutze gegen herabfallende Teilchen umgeben war. Bei einer Dauer der Elektrolyse von $\frac{1}{2}$—$\frac{3}{4}$ Stunde wurde etwa 1 *g* Silber niedergeschlagen, der Niederschlag dann mehrmals mit kaltem und einmal mit Wasser von 80° ausgelaugt, worauf

[1]) Vgl. u. a. *diese Zeitschr.* **22.** *S. 14. 1902* und das Referat in *dieser Zeitschr.* **22.** *S. 197. 1902.*

[2]) *Ann. d. Physik* **14.** *S. 569. 1904*; Referat in *dieser Zeitschr.* **25.** *S. 89. 1905.*

[3]) Vgl. *diese Zeitschr.* **21.** *S. 180. 1901.*

keine Trübung des Waschwassers mit Salzsäure eintrat. Das Mittel von 24 Bestimmungen, die meist auf 0,1 Promille übereinstimmten, war

$$a = 0{,}0111823\,(C.G.S.) \pm 0{,}0000004 \text{ (mittl. Fehler).}$$

Wie bekannt, erhält man etwas zu hohe Werte für das Äquivalent, wenn wie in dem vorliegenden Falle nicht genügend Sorge dafür getragen wird, daß das an der Anode gebildete komplexe Silbersalz von der Kathode ferngehalten wird. Eine unter wechselnden Bedingungen vorgenommene Vergleichung seines Hülsvoltameters mit dem Zellvoltameter von Richards, bei welchem der eben genannte Übelstand nach Möglichkeit vermieden wird, ergab in der Tat einen Unterschied von

$$\text{Hülsvoltameter} - \text{Zellvoltameter} = +0{,}023\,\%_0.$$

Zum Vergleiche mit den beiden ebengenannten wurde dann noch das Kohlrauschsche Hebervoltameter herangezogen, das gleichfalls die Anodenprodukte von der Kathode fernhält und wesentlich mit dem Zellvoltameter übereinstimmte. Die Resultate waren

$$\text{Hebervoltameter} - \text{Zellvoltameter} = +0{,}007\,\%_0$$
$$\text{Hülsvoltameter} - \text{Hebervoltameter} = +0{,}018\,\%_0.$$

Der kleine Unterschied zwischen Heber- und Zellvoltameter bleibt unerklärt. Eine Reduktion der von dem Verf. gefundenen Werte für das Äquivalent auf das Zellvoltameter ergibt dann den Wert

$$a = 0{,}011180\ (C.G.S.).$$

Für den Einfluß des Auswaschens des Niederschlages mit Wasser von 80° findet der Verf. in gleicher Weise wie Kahle bei 50 cm^2 Oberfläche eine Abnahme von 0,10 *mg* pro Stunde, sodaß deswegen eine Korrektion nicht anzubringen ist.

Eine weitere Fehlerquelle liegt in der Möglichkeit des Einschlusses von Silberlösung zwischen den Silberkristallen. Die bisherigen Untersuchungen hatten keine sichere Beantwortung der Frage ergeben. Der Verf. findet, daß nur, wenn auf einem zuvor ausgeglühten Niederschlag ein neuer Niederschlag gebildet wird, Lösung darin eingeschlossen ist, sonst aber unter den gewöhnlichen Bedingungen die Gewichtsabnahme selbst bei längerem Erhitzen auf 500° bis 600° unter 0,1 *mg* bleibt, das Silber also keine nachweisbaren Mengen von Lösung enthält.

Der endgültige Wert für das elektrochemische Äquivalent des Silbers ergibt sich nach alledem somit zu

$$a = \mathbf{0{,}011180}\ (C.G.S.).$$

Der Verf. wendet sich nun zu der Besprechung der bisherigen, von anderen Autoren angestellten Äquivalentbestimmungen und teilt eigene Versuche mit, welche zur Erklärung der Abweichungen in den Resultaten verschiedener Beobachter dienen sollen. Er findet dabei, daß das von F. u. W. Kohlrausch ihren Untersuchungen zum Teil zugrunde gelegte Glasschälchenvoltameter nur um 0,011 $\%_0$ größere Werte gibt als das Zellvoltameter. Die günstige Wirkung des Glasschälchens besteht darin, daß es verhindert, daß auf dem Boden sich Silber niederschlägt, sowie daß es die Anodenflüssigkeit, welche sonst ungehindert zu Boden sinkt, zum großen Teil zurückhält.

Richards hatte in zwei zu verschiedenen Zeiten angestellten Untersuchungen nicht den gleichen Unterschied zwischen dem Zellvoltameter und dem Filtrierpapiervoltameter gefunden. Seine eigenen Versuche belehren den Verf., daß der Unterschied von der Dauer der Elektrolyse abhängt, indem man auch bei dem Hülsvoltameter um so größere Werte erhält, je länger die Elektrolyse dauert, da dann um so größere Mengen der komplexen Anodenflüssigkeit zur Kathode vordringen, was zwar auch bei dem Zellvoltameter, jedoch in viel geringerem Maße stattfindet.

Über den Einfluß des Elektrolyten findet der Verf. folgendes:

Verdünnte Salpetersäure ist ohne Wirkung auf das Gewicht; Silberoxyd und Silberazetat wirken ähnlich wie die komplexe Anodenlösung, wahrscheinlich ebenfalls infolge von Komplexbildung, vergrößernd auf den Niederschlag.

Bei Verwendung einer gebrauchten Lösung wird der Niederschlag um so schwerer, je öfter die Lösung bereits benutzt war, was natürlich von der erwähnten komplexen Anodenlösung herrührt.

Schließlich findet der Verf. in Übereinstimmung mit Patterson und Guthe und im Gegensatz zu anderen, daß es gleichgültig ist, ob der Niederschlag auf Platin oder auf Silber erfolgt.

Unter Berücksichtigung aller dieser Erfahrungen berechnet der Verf. die Korrektionen, welche an den Resultaten der bisherigen Untersuchungen anzubringen sind, und teilt die so verbesserten Werte in einer Tabelle mit, welche, unter Fortlassung der älteren Zahl von Mascart, hier folgt:

F. u. W. Kohlrausch	0,011183 — 0,01 %	= 0,011182
Rayleigh u. Sidgwick	0,011179 — 0,03 „	= 0,011176
Pellat u. Potier	0,011192 — 0,01 „	= 0,011191
Kahle	0,011183 — 0,02 „	= 0,011181
Patterson u. Guthe	0,011192 — 0,1 „	= 0,01118
Pellat u. Leduc	0,011195 — 0,05 „	= 0,011189
van Dijk u. Kunst	$0{,}011182_3$ — 0,023 „	= 0,011180

Der Mittelwert aller dieser Untersuchungen ist (nach Anbringung der Korrektionen) in naher Übereinstimmung mit dem nach Ansicht des Verf. wahrscheinlichsten Wert $a = 0{,}011180$ (*C.G.S.*) *v. St.*

Kleines Saitengalvanometer nebst photographischem Registrierapparat.

Von M. Edelmann jun. *Physik. Zeitschr.* **7.** *S. 115. 1906.*

Das Einthovensche Saitengalvanometer (vgl. *diese Zeitschr.* **24.** *S. 306. 1904*) wird jetzt von der Firma Edelmann in München auch in einem kleineren, handlichen Modell ausgeführt.

Zwei permanente Hufeisenmagnete NN (Fig. 1 und 2), 162 *mm* lang, 35 *mm* breit, 28 *mm* dick, sind über einander befestigt. Ihre Schenkel umschließen eine dicke Messingplatte m, in die ein vertikaler, doppelkeilförmiger Schlitz eingeschnitten ist. In den Schlitz passen zwei keilförmige Polschuhe e aus weichem Eisen. In einem engen, vertikalen Luftraum zwischen diesen Polen ist ein feiner, 65 *mm* langer versilberter Quarzfaden ausgespannt, der von dem zu messenden Strome durchflossen wird. Die Enden des Quarzfadens sind an Messingstifte tt gelötet; während der untere Stift festgeklemmt ist, ist an dem oberen eine Platte p befestigt, gegen die sich die Feder f legt. Dadurch, daß die Mutter n mehr oder weniger auf das Stück r aufgeschraubt wird, wird die Spannung des Fadens geregelt. Ein Anschlag (Schraube A in Fig. 1) sorgt dafür, daß der Faden nicht zu stark gespannt wird. Die Klemmen K und L dienen zur Stromzuführung. Zwischen oberem und unterem Magnet ist ein Loch durch die Messingplatte gebohrt, durch welches man mittels eines Mikroskopes O mit Okularmikrometer die Ablenkungen des Fadens betrachtet. Der ganze Apparat, der nur 2,25 *kg* wiegt, kann an ein beliebiges Stativ geklemmt werden. Bei 130-facher Vergrößerung wurden bei entspanntem Faden folgende Empfindlichkeiten erreicht:

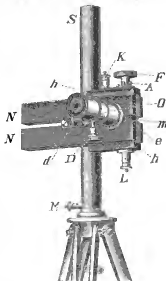


Fig. 1.

Versilberter Quarzfaden	0,003 *mm* dick	$8 \cdot 10^{-10}$ Amp.	für 1 *mm* Ausschlag.
Silberdraht	0,02 „ „	etwa $1 \cdot 10^{-5}$ „	
Wollaston-Draht	0,01 „ „	„ $1 \cdot 10^{-8}$ „	

Zu dem Galvanometer gehört ein *Registrierapparat* (Fig. 3). Auf einer schweren, gußeisernen Platte *G* sind zwei Lagerböcke *BB* aufgeschraubt. Der eine derselben trägt eine Messingdose *C*, welche mit dem Deckel *D* verschlossen werden kann. In den Böcken läuft eine Achse, die links in dem Patronengewinde *P*, rechts im Innern der Dose *C* in einer Registriertrommel von 54 *cm* Umfang endet; zwischen den Böcken liegen Antriebsscheiben von verschiedenem Durchmesser. Auf der Trommel wird ein 6 *cm* breiter, 50 *cm* langer Streifen photographischen Papiers so befestigt, daß 4 *cm* der Trommel frei bleiben, die in der Anfangs-

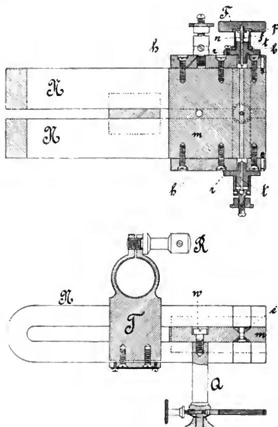


Fig. 2.

und Endlage der Trommel vor dem im Innern der Dose befindlichen Spalt stehen. Vor dem Spalt befindet sich eine justierbare Zylinderlinse *e* und vor letzterer, außen an der Dose, ein Verschluß *V*, der durch einen Elektromagneten betätigt wird; durch Anziehen des Ankers wird der Verschluß geöffnet.

Dieser Elektromagnet wird durch eine am linken Achsenende befindliche Kontaktvorrichtung erregt, die ihrerseits durch den Elektromagneten *Z* ausgelöst wird, der durch eine besondere Batterie erregt ist; wird der Stromkreis derselben geöffnet, so läßt der Elektromagnet *Z* seinen Anker *E* los, der sich nunmehr, wenn die Achse rotiert, auf das Patronengewinde *P* schraubt. Dabei gleitet die Feder *f*, die anfangs auf dem Achatstück *a* ruhte, über das Messingstück *m* hinweg und wird nach einer Umdrehung der Registriertrommel

von der Nase *e* wieder abgehoben; *f* und *m* werden in den Stromkreis des den Verschluß betätigenden Elektromagneten eingeschaltet, sodaß während des Kontaktes von *m* und *f* der Verschluß geöffnet ist.

Das Saitengalvanometer ist in Verbindung mit dem Registrierapparat als Oszillograph zu brauchen. Allerdings wird man die Eigenfrequenz des Fadens bedeutend höher wählen

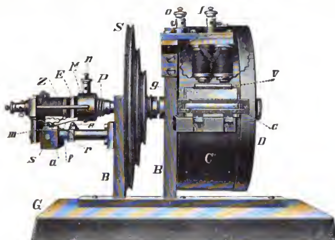


Fig. 3.

müssen als bei einigen Aufnahmen, die Verf. gemacht hat. Man wird dann auch geringere Empfindlichkeiten erhalten, die mit denen andrer Oszillographen (vgl. *diese Zeitschr.* **21.** *S. 239. 1901*) vergleichbar werden. Versuche in dieser Richtung liegen bisher noch nicht vor.

E. O.

Über die Magnetisierung durch Gleichstrom und durch Wechselstrom.

Von E. Gumlich und P. Rose. *Wissenschaftl. Abhandl. d. Phys.-Techn. Reichsanstalt* **4.** *S. 209. 1905; Elektrotechn. Zeitschr.* **26.** *S. 503. 1905.*

Die Frage, ob und wieweit die Magnetisierung durch Wechselstrom von derjenigen durch Gleichstrom abweicht, und auf welche Gründe die mehrfach beobachteten Abweichungen zurückzuführen sind, ist noch nicht definitiv entschieden. So fanden z. B. Warburg und Hönig sowie Weibe, daß die Ummagnetisierungsarbeit bei raschen Wechseln nur 70 bis 80% von derjenigen bei langsamem Wechsel betrug; nach den Versuchen von Williams und Kaufmann würden die Hysteresekurven für langsamen und schnellen Wechsel übereinstimmen, während M. Wien, Roessler und Niethammer zu dem Resultat kamen, daß sich das Eisen Wechselströmen gegenüber magnetisch härter verhält als dem Gleichstrom gegenüber, sodaß also mit zunehmender Periodenzahl die Permeabilität sinkt, die Koerzitivkraft und der Energieverbrauch bei der Ummagnetisierung wächst. Da die Versuche der letztgenannten beiden Autoren an Transformatoren bezw. Ringen aus Dynamoblech angestellt waren, und zwar bei Periodenzahlen, wie sie die gebräuchlichen Wechselstrommaschinen liefern, so haben deren Resultate allgemeinen Eingang in die Technik gefunden. Hiernach würde es für die Konstruktion von Wechselstromapparaten unzulässig sein, den Hystereseverlust und auch die Permeabilität von Dynamoblech aus statischen Messungen zu bestimmen, aber gerade für die Ermittelung der Permeabilität sind die statischen Methoden ungemein bequem, während man bei der Bestimmung durch Wechselstrom große Schwierigkeiten zu überwinden hat.

Die Wichtigkeit dieser Frage für die Technik gab den Verf. Veranlassung zu einer erneuten Prüfung derselben auf dem von Niethammer eingeschlagenen Wege. Als Versuchsobjekte dienten drei Ringe aus 0,5 *mm* dickem Eisenblech von je 10 *kg* Gewicht und 44 *cm* äußerem bezw. 34 *cm* innerem Durchmesser und ein Ring aus 0,3 *mm* dickem Blech von etwa 5 *kg* und 27,5 *cm* äußeren bezw. 22,5 *cm* innerem Durchmesser. Die Dimensionen waren so gewählt, daß die Ungleichheit in der Verteilung der Induktion über die Breite des Rings, die bei jedem Ring von endlicher Breite eintritt, das Resultat nicht mehr wesentlich beeinflussen konnte, während das Material eine beträchtliche, für die Untersuchung erwünschte Verschiedenheit in magnetischer und elektrischer Beziehung darbot. Die Ringe wurden aus ausgestanzten Ringscheiben zusammengesetzt, die durch Seidenpapierringe voneinander isoliert waren, und erhielten eine Magnetisierungswickelung von etwa 200 Windungen aus dickem Draht sowie für die ballistischen Messungen eine sekundäre Wickelung. Die Messung der Temperatur des Eisenkerns erfolgte durch Thermoelemente aus Kupfer-Konstantan, deren isolierte Lötstellen in die Aussparungen einer dünnen Zwischenlage aus Pappe eingeführt wurden.

Die Messungen zerfallen in zwei Teile, nämlich die Bestimmung der Induktionskurve und des Energieverbrauchs bei der Ummagnetisierung durch Gleichstrom und Wechselstrom.

Die Induktionskurve nach der statischen Methode wurde in der gewöhnlichen Weise aufgenommen, indem man mittels eines ballistischen Galvanometers den Induktionsstoß beobachtete, welcher in der um den Ring gewundenen Sekundärspule entstand, wenn der Strom in der Primärspule geschlossen oder überhaupt geändert wurde; die Eichung des Galvanometers war mittels einer auf Marmor gewickelten Normalspule von genau bekannten Dimensionen ausgeführt worden. Vor jeder Beobachtung wurden die Ringe mit Wechselstrom von abnehmender Stärke entmagnetisiert; sodann wurden die Nullkurven und Hystereseschleifen für die Maximalinduktion von $\mathfrak{B} = 4000, 6000 \ldots 14000$ bezw. 16000 aufgenommen.

Zur Aufnahme der Induktionskurven mit Wechselstrom wurde unter der Annahme, daß die Spitzen der Hystereseschleifen auf der Induktionskurve liegen, für eine Anzahl von Punkten die im Ringe herrschende Maximalinduktion und die dazu gehörige Feldstärke ermittelt. Die erstere liefert die an der Magnetisierungswickelung des Rings gemessene Spannung, die letztere der Magnetisierungsstrom, doch muß hierbei die Form der Spannungs- und Stromkurve berücksichtigt werden. Die Meßanordnung entsprach im allgemeinen der in *dieser Zeitschr.* **25.** *S. 324. 1905* angegebenen, nur wurde dieselbe ergänzt durch einen Frankeschen Kurvenindikator, welcher mittels eines Kommutators mit den Klemmen des Rings oder mit den Enden eines in den Stromkreis eingeschalteten induktionsfreien Widerstands verbunden werden konnte, je nachdem man eine Spannungs- oder eine Stromkurve aufzunehmen hatte. Unter Berücksichtigung der *a. a. O. S. 324* mitgeteilten Reduktionen findet man dann $\mathfrak{B}$ und $\mathfrak{H}$ durch die Beziehung $\mathfrak{B} = \frac{E \cdot 10^8}{4\, p\, n\, q\, a}$, $\mathfrak{H} = \frac{4\, \pi\, n \cdot i}{\lambda \cdot 10}$. Hierbei bedeutet E den Effektivwert der Spannung, welche von den im Eisen vom Querschnitt q pulsierenden Induktionslinien herrührt, p die Periodenzahl (im vorliegenden Falle 50), n die Anzahl der Primärwindungen, a den sog. Formfaktor der Maschine, λ die mittlere Magnetisierungslänge des Rings und i den Maximalwert des in Ampere gemessenen Magnetisierungsstroms. Den letzteren erhält man, wenn man den gemessenen Effektivwert des Stroms mit dem sog. Scheitelfaktor des Stroms multipliziert, d. h. mit dem Verhältnis des Scheitelwerts des Stroms zum Effektivwert, das man der Stromkurve entnimmt.

Trägt man nun die so erhaltenen, zusammengehörigen Werte von $\mathfrak{B}$ und $\mathfrak{H}$ in die statische Induktionskurve ein, so müssen diese Punkte auf die Induktionskurve selbst fallen, wenn die Magnetisierung durch Gleichstrom und durch Wechselstrom identisch verläuft. Tatsächlich stimmten nun alle Aufnahmen darin überein, daß die durch Wechselstrom gewonnenen Punkte nur etwa bis zu den Induktionen $\mathfrak{B} = 12000$ merklich von der statisch beobachteten Nullkurve abwichen, von da ab aber mit ihr zusammenfielen, während nach der Kurve von Niethammer die Wechselstromkurve von der statischen um so mehr ab-

weicht, je höher die Induktion und je größer die Periodenzahl ist, und zwar beträgt diese Abweichung für $\mathfrak{B} = 13600$ und 37 Perioden bereits etwa 40%.

Um nun zu untersuchen, weshalb auch nach den vorliegenden Messungen bei niedrigen Induktionen das Material gegen Wechselströme magnetisch härter erscheint als gegen Gleichströme, konstruierte man aus den zusammengehörigen Spannungs- und Stromkurven vollständige Hystereseschleifen. Da nämlich die Spannung e proportional $d\mathfrak{B}/dt$ ist, so ist $\mathfrak{B}$ umgekehrt proportional $\int e\,dt$ und läßt sich durch graphische Integration der in einzelne Streifen zerlegten Spannungskurve bestimmen. Es zeigte sich nun, daß die bei statischen Aufnahmen vollständig ausgebildete Spitze der Hystereseschleife bei den Wechselstromaufnahmen sich mit zunehmender Periodenzahl immer mehr abrundet, sodaß also dem Maximum der Induktion gar nicht das Maximum der Feldstärke zuzuordnen ist, sondern ein geringerer Wert. Tut man dies, so fallen tatsächlich die durch Wechselstrom gefundenen Punkte innerhalb der Beobachtungsfehler mit der statischen Induktionskurve zusammen.

Zur Erklärung der beobachteten Abrundung der Spitzen kann man nur zwei Ursachen heranziehen, nämlich die bei jeder Wechselstrom-Magnetisierung auftretenden Wirbelströme und die magnetische Nachwirkung (Viskosität), welche beide nachweislich in demselben Sinne wirken. Tatsächlich ergaben entsprechende Versuche an einem Blech von sehr hohem elektrischen Widerstand, daß die Differenz zwischen den Werten der Wechselstrom- und der statischen Kurve ungefähr auf die Hälfte zurückgegangen war, und es ist deshalb sehr wahrscheinlich, daß beide Ursachen daran beteiligt sind. Praktisch wichtig ist jedenfalls die Tatsache, daß die Differenz zwischen statischer und Wechselstrom-Magnetisierung relativ nur gering bleibt; sie beträgt nach den vorliegenden Messungen bei der Induktion 4000 und 50 Perioden etwa 8% und nimmt mit wachsender Induktion ständig ab, sodaß sie bei $\mathfrak{B} = 14000$ unmerklich geworden ist; auch unter Berücksichtigung des Einflusses der Wirbelströme, die ja im allgemeinen von der Beschaffenheit und den Dimensionen des Materials abhängen, würden bei einem 5 *mm*-Blech die Differenzen nur etwa den doppelten Betrag erreichen. Eine derartige Verringerung der Permeabilität spielt aber in der Technik keine ausschlaggebende Rolle mehr, denn schon durch das Ausstanzen und die sonstige mechanische Bearbeitung können unter Umständen größere Änderungen der Permeabilität hervorgebracht werden, die sich nicht genau in Rechnung ziehen lassen.

Weiter bestimmten die Verf. den Energieverbrauch bei der Ummagnetisierung durch Gleichstrom und durch Wechselstrom für verschiedene zwischen 4000 und 16000 liegende Maximalinduktionen. Der erstere ergibt sich bekanntlich aus den statisch aufgenommenen Hystereseschleifen durch graphische Integration als $W_h = \frac{1}{4\pi}\int \mathfrak{B}\,d\mathfrak{H} = \eta \cdot \mathfrak{B}^{1,6}$, während der bei der Wechselstrommagnetisierung auftretende Gesamtverlust pro Periode gegeben ist durch $\frac{W}{p} = A\,[\eta\,\mathfrak{B}^{1,6} + p \cdot f\,\mathfrak{B}^2]$. Hierbei bezeichnet das erste Glied den der Ummagnetisierungsarbeit entsprechenden reinen Hystereseverlust, das zweite den Wirbelstromverlust; p bedeutet die Periodenzahl, A einen von den Dimensionen der Probe abhängigen Zahlenfaktor, η den Steinmetzschen Hysteresekoeffizienten und f den Wirbelstromkoeffizienten. Die Größe W findet man aus dem vom Wattmeter angegebenen Wert durch Abzug des Energieverbrauchs im Voltmeter, in der Spannungsspule des Wattmeters und in der Magnetisierungsspule durch die Stromwärme. Hat man außerdem stets auf die richtige Induktion $\mathfrak{B}$ eingestellt oder nachträglich reduziert und zur Berechnung des Wirbelstromverlustes die mit dem Thermoelement gemessene Erwärmung der Probe sowie den Wert des Formfaktors a in Rechnung gezogen (vgl. *diese Zeitschr.* **25.** *S. 325. 1905*), so liegen die sämtlichen mit verschiedenen Perioden erhaltenen Werte von W/p auf einer Geraden, welche durch die obige Gleichung dargestellt wird, und es lassen sich somit die Koeffizienten η und f berechnen. Es ergab sich nun auch hier das schon bekannte Resultat, daß η keineswegs eine Konstante ist, sondern im allgemeinen mit wachsender Induktion zunimmt. Die nach der statischen Methode erhaltenen Werte von η stimmen nun wenigstens von $\mathfrak{B} = 8000$ an vollkommen mit den wattmetrisch ermittelten überein, aber auch für die niedrigeren Induktionen

erreichen die Abweichungen nur etwa 4%, übersteigen also kaum den möglichen Einfluß der Beobachtungsfehler, während die Messungen von Niethammer zwischen statischer und Wechselstrom-Magnetisierung auch bei nur 37 Perioden pro Sekunde Differenzen von rund 30% ergeben haben.

Trotzdem nun die Werte von η nach den vorliegenden Messungen praktisch übereinstimmen, darf man daraus doch nur dann auf eine völlige Gleichheit des Energieverbrauchs bei der Ummagnetisierung in beiden Fällen schließen, wenn feststeht, daß das zweite Glied der Formel für W/p, welches von der Periodenzahl p abhängt, wirklich nur den Wirbelströmen zugeschrieben werden muß und nicht auch zum Teil dem Hystereseverlust. Für das letztere spricht aber der Verlauf der Größe f, welche nicht, wie erwartet werden durfte, konstant ist, sondern mit zunehmender Induktion bis etwa $\mathfrak{B} = 12000$ abnimmt, um dann erst konstant zu werden. Diese Tatsache legt die Annahme nahe, daß auch die reine Ummagnetisierungarbeit etwa bis zur Induktion $\mathfrak{B} = 12000$ in geringem Maße von der Wechselzahl abhängt, und zwar infolge der Viskosität, welche ja auch bis ungefähr zu derselben Induktion die Abweichung der statisch und wattmetrisch gewonnenen Induktionskurve verursachte. Setzt man dementsprechend statt des obigen Ausdrucks von W/p etwa den folgenden: $\frac{W}{p} = A\left\{\eta\,\mathfrak{B}^{1,6} + p\left[\varepsilon\,(12000 - \mathfrak{B})\,\mathfrak{B}^{1,6} + f'\,\mathfrak{B}^2\right]\right\}$, in welchem das Glied mit dem Faktor ε nur bis zur Induktion $\mathfrak{B} = 12000$ zu berücksichtigen, bei höheren Induktionen aber wegzulassen ist, so ergeben sich für den neuen Wirbelstromkoeffizienten innerhalb der Beobachtungsfehler vollständig konstante Werte.

Im allgemeinen folgt also aus den vorliegenden Versuchen, daß die Magnetisierung durch Gleichstrom und durch Wechselstrom wenigstens innerhalb der für technische Zwecke notwendigen Genauigkeitsgrenzen hinreichend übereinstimmt. *Glch.*

Neu erschienene Bücher.

Ch. Fassbinder, *Théorie et pratique des approximations numériques.* gr. 8°. VI, 92 S. Paris, Gauthier-Villars 1906. 3 fr.

In den ersten drei Kapiteln behandelt der Verf., im Anschluß an Guyous bekannte „*Note sur les approximations numériques*", den absoluten und den relativen Fehler von Ziffernrechnungen, wobei die gegebenen Zahlen entweder selbst bekannte Näherungen (mit bekannten Fehlern behaftete Zahlen) oder „exakte" Werte (oder mit beliebig weit gehender Schärfe zu berechnende Zahlen) sind, und der Fehler des Rechnungsergebnisses mit solchen Zahlen bestimmt werden oder im Resultat eine zum voraus festgesetzte Genauigkeit der Annäherung eingehalten werden soll. Das vierte Kapitel erläutert die abgekürzten Verfahren bei den elementaren Ziffernrechnungen, das fünfte ist eine Notiz über eine elementare Fehler-Übertragungs- oder Fortpflanzungstheorie (ohne den Begriff des mittlern Fehlers zu benutzen). Zahlreiche Übungsbeispiele finden sich überall. *Hammer.*

A. H. E. Love, *Treatise on the Mathematical Theory of Elasticity.* roy. 8°. XVIII, 552 S. Cambridge 1906. Geb. in Leinw. 19 M.

G. Dariès, *Mécanique hydraulique. Thermodynamique.* 2. Aufl. 8°. 804 S. m. 537 Fig. Paris 1905. 12,50 M.

C. Arnold, Abriß der allgemeinen oder physikalischen Chemie. Als Einführg. in die Anschauungen d. modernen Chemie. 2., verb. u. ergänzte Aufl. 8°. VIII, 228 S. m. Fig. Hamburg, L. Voß 1906. Geb. in Leinw. 3,75 M.

E. Drincourt u. C. Delpays, *Traité de Physique.* 11. Aufl. 8°. VI, 829 S. m. Fig. Paris 1905. 6,50 M.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Kuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied, Dr. **H. Krüss**, Prof. Dr. **S. Czapski.**

Redaktion: Prof. Dr. St. Lindeck in Charlottenburg-Berlin.

XXVI. Jahrgang. **August 1906.** Achtes Heft.

Anwendung des Platinthermometers bei kalorimetrischen Messungen.

Von
W. Jaeger und **H. von Steinwehr.**
(Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.)

In einer früheren Mitteilung[1]) haben wir ein Platinthermometer beschrieben, das speziell für kalorimetrische Messungen bestimmt war und den Zweck haben sollte, die Meßgenauigkeit, welcher durch die Eigenschaften des Quecksilberthermometers eine Grenze gezogen war, wesentlich zu erhöhen.

Das *a. a. O.* beschriebene Thermometer hatte aber noch einige technische Mängel, die inzwischen beseitigt worden sind. Im folgenden soll das Platinthermometer in seiner jetzigen Gestalt, in der es sich bei verschiedenen Messungen (Eichung von Verbrennungskalorimetern, Bestimmung von Verbrennungswärmen, Bestimmung der mittleren Kalorie in elektrischen Einheiten) gut bewährt hat, beschrieben werden[2]); gleichzeitig sollen auch die bei seiner Anwendung in Betracht kommenden Fragen, die Meßmethode und die Berechnungsweise zur Ermittlung der Temperatur, behandelt werden.

Bei den kalorimetrischen Messungen ist eine Temperaturdifferenz zu bestimmen (Temperaturerhöhung des Kalorimeters durch den zu messenden Wärmevorgang). Diese Differenz kann Bruchteile eines Grades bis zu mehreren Graden betragen, jedenfalls handelt es sich aber stets um eine relativ kleine Differenz.

Infolge der Kaliberfehler, die den Quecksilberthermometern anhaften, läßt sich, wie früher *a. a. O.* näher dargelegt wurde, mit diesen Thermometern bei einer so kleinen Temperaturdifferenz nur eine Genauigkeit von einigen Promille erreichen. Auch eine Vergrößerung des Gradwertes kann diesen Übelstand nicht beseitigen. Andererseits ist es aber nicht ratsam, mit großen Temperaturdifferenzen (also mit wenig Wasser) zu arbeiten, weil dann das als Grundlage für die Korrektion wegen des Wärmeaustausches mit der Umgebung angenommene Newtonsche Abkühlungsgesetz nicht mehr streng gültig ist. Vielmehr empfiehlt es sich, mit so großen Wassermengen und so kleinen Temperaturdifferenzen zu arbeiten, als es die Empfindlichkeit des Thermometers bei der angestrebten Genauigkeit noch zuläßt und die Wassermassen noch genügend durchgerührt werden können. Das Platinthermometer kann dem betreffenden Kalorimeter derart angepaßt werden, daß es über die ganze

[1]) Erhöhung der kalorimetrischen Meßgenauigkeit bei Anwendung von Platinthermometern. *Verhandl. d. Deutsch. Physikal. Gesellsch.* **5.** *S.* 353. *1903*; Referat in *dieser Zeitschr.* **24.** *S.* 28. *1904.*

[2]) Eine Abbildung und kurze Beschreibung findet sich bereits im Tätigkeitsbericht der Reichsanstalt für 1903, *diese Zeitschr.* **24.** *S.* 134. *1904*; vgl. auch das in der vorstehenden Anmerkung zitierte Referat.

Länge desselben die Temperatur integriert, was bei dem Quecksilberthermometer im allgemeinen nicht der Fall ist. Auch hat das Platinthermometer noch den Vorteil, daß kein herausragender Faden vorhanden ist.

Für die Messungen mit dem Platinthermometer war als Ziel angestrebt worden, eine Temperaturdifferenz von 1 Grad auf 0,0001 Grad zu bestimmen; dies entspricht etwa $^1/_2$ Milliontel Änderung des Widerstandes. Daher werden große Anforderungen an die, allerdings nur relative, Widerstandsmessung gestellt; ebenso ist es auch notwendig, daß der zur Messung dienende Platindraht sehr gut gegen das Kalorimeterwasser isoliert ist, da sonst durch das Wasser variable Nebenschlüsse entstehen, die die Messung fälschen. Mit einem nicht isolierten, direkt im Wasser befindlichen Platindraht sind daher solche Messungen unausführbar.

Die Empfindlichkeit der Widerstandsmessung ist *ceteris paribus* um so größer, einen je stärkeren Meßstrom man anwenden kann. Das betreffende Platinthermometer muß also, damit es einen genügend hohen Meßstrom verträgt, ohne sich erheblich zu erwärmen, eine große Abkühlungskonstante oder mit anderen Worten eine geringe Trägheit besitzen[1]).

Die Trägheit der Thermometer muß allerdings auch noch aus einem anderen Grunde klein sein; durch das Zurückbleiben des Thermometers infolge der Trägheit wird nämlich die zu messende Temperaturdifferenz gefälscht, wofür indessen, wenn die Trägheit bekannt ist, eine Korrektion angebracht werden kann. Wie früher (*a. a. O. S. 356*) gezeigt wurde, hängt diese Korrektion ab von dem Verhältnis der Abkühlungskonstante des Kalorimeters zu der des Thermometers. Bezeichnet U die direkt beobachtete Temperaturdifferenz, U' die korrigierte Differenz, a die Abkühlungskonstante des Kalorimeters, b diejenige des Thermometers, so berechnet sich die Korrektion aus

$$\frac{U' - U}{U} = \frac{a}{b}\;{}^{2)} \qquad \text{1)}$$

Die Ermittlung der Abkühlungskonstanten a und b ist in den früheren Mitteilungen beschrieben[3]).

Bei einem nach den Angaben von Callendar konstruierten Platinthermometer, bei dem der Platindraht auf ein Glimmerkreuz gewickelt ist, das von einem Glasrohr von etwa 1,5 *cm* Durchmesser umgeben wird, haben wir z. B. eine Abkühlungskonstante $b = 3{,}6$, auf die Minute berechnet, gemessen, während die Abkühlungskonstante eines Berthelotschen Verbrennungskalorimeters 0,002 pro Min. war. Bei Benutzung des Callendarschen Thermometers wäre also eine Korrektion von etwa $6 \cdot 10^{-4}$ nötig gewesen, während bei dem hier beschriebenen Thermometer die Trägheit so außerordentlich gering ist, daß eine derartige Korrektion gar nicht in Frage kommt.

---

[1]) Die Abkühlungskonstante a wird definiert durch das Newtonsche Abkühlungsgesetz

$$du/dt = -a\,(u - u_0),$$

worin t die Zeit, u die Temperatur des Thermometers, u_0 die konstante Temperatur der Umgebung bedeutet. a stellt also, wenn t in Sekunden gerechnet wird, die Temperaturänderung des Thermometers pro Sek. dar für den Fall, daß $u - u_0 = 1$ Grad ist.

[2]) Auf diesen Umstand haben auch später Richards, Henderson und Forbes (*Proc. Amer. Acad. of Arts and Sciences* **41.** *S. 3. 1905; Zeitschr. f. phys. Chem.* **52.** *S. 551. 1905*) aufmerksam gemacht und eine Methode zur Vermeidung dieses Fehlers angegeben. Die Korrektion wird aber dort auf kompliziertere Weise unter Anwendung graphischer Methoden ermittelt; vgl. hierzu Jaeger und von Steinwehr, *Zeitschr. f. phys. Chem.* **54.** *S. 428. 1906.*

[3]) *A. a. O.* und „Bestimmung des Wasserwertes eines Berthelotschen Kalorimeters in elektrischen Einheiten". *Verhandl. d. Deutsch. Physikal. Gesellsch.* **5.** *S. 56. 1903.*

Bei Quecksilberthermometern ist die Trägheit sehr verschieden; es war z. B. für zwei Thermometer, die daraufhin untersucht wurden, auf die Minute bezogen, $b = 4$ bezw. 11 (die Zeit, die bis zur Abkühlung auf die Hälfte der Temperaturdifferenz verfließt, beträgt nach der Formel $u - u_0 = A\,e^{-bt}$ somit 10 Sek. bezw. 3,8 Sek.)

Bei den in der früheren Mitteilung beschriebenen Platinthermometern befand sich ein blanker Platindraht von etwa 0,1 *mm* Durchmesser in einem fein ausgezogenen Glasröhrchen von etwa 1,5 *mm* Durchmesser. Die Trägheit dieses Thermometers, das zu einigen Messungen gedient hat, war ebenfalls sehr gering.

Doch war die Montierung des Instruments etwas unzweckmäßig; besonders waren die Austrittsstellen des Drahtes aus dem Glasrohr schlecht abzudichten. Außerdem war das Thermometer leicht zerbrechlich und mußte deshalb mit einer Art Drahtgehäuse umgeben werden.

Konstruktion des Platinthermometers. Das Glasrohr wurde deshalb durch ein Metallröhrchen *ee* (Fig. 1) ersetzt, und am oberen Ende wurde ein Kästchen aus Hartgummi angebracht, in dem die Abzweigungen nach den Klemmen geführt werden.

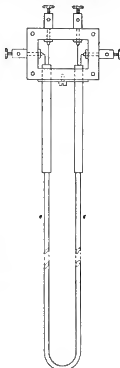


Fig. 1.

Der Platindraht wurde, da er nun nicht mehr durch Glas isoliert war, mit Seide umsponnen, nachdem er vorher mit Schellacklösung bestrichen war. Die Seide braucht den Draht nicht vollkommen zu bedecken, sondern sie soll nur einen Schutz bieten, damit er nicht die Wandung des Messingröhrchens berührt. Das Röhrchen hat einen inneren Durchmesser von etwa 1 *mm* und eine Wandstärke von etwa $^1/_2$ *mm*; die am oberen Ende übergeschobenen weiteren Messingröhrchen haben einen äußeren Durchmesser von ungefähr 4 *mm*.

An den Platindraht wird zunächst beiderseits ein dünner isolierter Kupferdraht angelötet; die Lötstellen befinden sich etwa 1 *cm* unterhalb der Ansatzstelle der weiteren Messingrohre. Die Kupferdrähte gabeln sich nach dem Austritt aus dem Röhrchen *e* innerhalb des weitern Ansatzes in je zwei Drähte, die in der aus Fig. 1 ersichtlichen Weise zu den Klemmen geführt werden. Diese sind durch Gegenmuttern an dem Hartgummi befestigt.

Das Einziehen des Platindrahtes in das Messingröhrchen geschieht zweckmäßig, solange dieses noch nicht umgebogen ist. Man verfährt dann in der Weise, daß zunächst nur an das eine Ende des Röhrchens eines der weiteren Rohrenden angelötet wird. Von dieser Seite her wird dann der Platindraht hindurchgesteckt bezw. gesaugt, an dessen vorderem Ende der dünne Kupferdraht angelötet ist, während sich am hinteren Ende auch bereits die Verzweigung befindet. Nachdem der Draht so weit durchgezogen ist, daß sich der hintere Verzweigungspunkt an der richtigen Stelle befindet, wird an das vordere Ende des Drahtes ebenfalls die Verzweigung angelötet. Dann wird das weitere Rohr übergeschoben und mit einem heißen großen Lötkolben, nachdem alles vorher gut verzinnt war, rasch verlötet. Dann erst wird das Messingrohr gebogen und das Ganze montiert.

Der Widerstand des Thermometers rechnet von den Verzweigungsstellen an; das Thermometer soll bis über diese Stellen in das Wasser eintauchen, damit durch Wärmeleitung der in Luft befindlichen Metallteile keine Fehler entstehen.

Erwärmung des Platindrahts durch den Strom und Trägheit des Thermometers. Für ein Thermometer dieser Art, dessen Widerstand bei einer Drahtlänge von 35 *cm* etwa 5 Ohm betrug, wurde nun zunächst die durch den Meßstrom bewirkte Erwärmung bestimmt, um die zulässige Belastung zu ermitteln und die Trägheit festzustellen. Die Stromstärke wurde von 0,004 bis 0,1 Ampere variiert und die entsprechende Erwärmung des Thermometers über die Umgebungstemperatur durch die Widerstandsänderung desselben bestimmt. In der folgenden Tab. 1 sind die zusammengehörigen Werte für die Stromstärke i in Ampere, die Zunahme δ des Widerstandes in Promille, die nahezu konstante Größe δ/i^2 und die Erwärmung $u - u_0$ über die konstante Außentemperatur u_0 in Grad angegeben.

Tabelle 1.

i Ampere	δ Promille	δ/i^2	$u - u_0$ in Grad
0,0043	0	—	0
0,0196	$0{,}03_5$	89	+ 0,009
0,0355	0,10	80	+ 0,025
0,0524	$0{,}23_5$	85	+ 0,059
0,0689	0,41	87	+ 0,101
0,1000	0,88	88	+ 0,220

Im Mittel ist $\delta = 86\, i^2$, entsprechend $u - u_0 = 21\, i^2$.

Daraus berechnet sich z. B. für eine Stromstärke von 0,01 Amp. eine Erwärmung von 0,002°. Diese Erwärmung stellt sich sofort nach Stromschluß her und fällt, da sie konstant ist, aus den Differenzmessungen heraus. Die zulässige Belastung des Thermometerdrahts hängt davon ab, welche Stromwärme man noch in Kauf nehmen will. Theoretisch fällt ja die Erwärmung des Platindrahts durch den Strom bei der Differenzmessung stets heraus, aber man wird nicht gern ein gewisses Maß überschreiten, weil bei stärkerer Erwärmung längere Zeit erforderlich ist, um diese bis auf $^1/_{10000}{}^0$ herzustellen; es ist aber bei der angewandten Meßmethode notwendig, daß sich die Temperatur des Platinthermometers rasch bis auf diesen Betrag einstellt. Da andrerseits, wie die Versuche bestätigt haben (Tab. 1), die Erwärmung quadratisch mit der Stromstärke zunimmt, so wird man bei diesem Drahtquerschnitt die Stromstärke nicht wesentlich mehr steigern dürfen.

Die durch den elektrischen Strom bewirkte Temperaturerhöhung des Platindrahtes, wenn die Hülle desselben, das Messingröhrchen, sich auf konstanter Temperatur befindet, ermöglicht auch einen Schluß auf die Abkühlungskonstante des Thermometers. Denn es handelt sich hier um einen theoretisch als unendlich lang anzusehenden Draht, der nur durch seine Oberfläche Wärme abgeben kann. Bei Temperaturkonstanz während des Stromdurchgangs muß die in der Zeiteinheit entwickelte Energie gleich der durch die Oberfläche infolge der „äußeren Wärmeleitung" abgegebenen Wärme sein. Wenn andererseits die Temperatur des die Hülle umgebenden Wassers sich ändert und man annimmt, daß die Hülle selbst in jedem Augenblick die Temperatur des Wassers besitzt, so folgt die abgegebene Wärme aus dem Newtonschen Abkühlungsgesetz.

Unter diesen Voraussetzungen ist die Abkühlungskonstante b zu berechnen als

$$b = \frac{A\,\sigma}{c\,s\,q^2} \cdot \frac{i^2}{u - u_0} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 2)$$

wo A das Wärmeäquivalent der elektrischen Energie bedeutet (0,239), q den Querschnitt des Drahtes (Durchmesser = 0,1 *mm*), σ den spezifischen Widerstand des Platins pro cm/cm^2 $(1{,}1 \cdot 10^{-5})$, c die spezifische Wärme desselben (0,03), s seine Dichte (21). Ferner besteht noch zwischen b und der „äußeren Wärmeleitung" h pro cm^2 der Oberfläche des Platindrahts die Beziehung

$$h = \frac{b}{2} \cdot c\,s\,r \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 3)$$

wenn r den Radius des Drahtes bedeutet.

Man erhält dann unter Beachtung des Ergebnisses der vorstehenden Tab. 1 für den betrachteten Fall

$b = 33$ pro Sek. bezw. 2000 pro Min.
$h = 0{,}05$ „ „ „ 3 „ „ .

Die Abkühlung auf den halben Betrag des Anfangswertes würde demnach unter den obigen Voraussetzungen in 0,02 Sek. erreicht, während z. B. bei dem betrachteten Callendarschen Thermometer hierzu 10 Sek. nötig sind. Auch bei Quecksilberthermometern gewöhnlicher Konstruktion sind zur Abkühlung auf die Hälfte etwa 5 bis 10 Sek. erforderlich.

Die Trägheit des Platinthermometers könnte 100-mal so groß sein, ohne daß an der beobachteten Temperaturdifferenz bei dem festgesetzten Genauigkeitsgrad eine Korrektion angebracht zu werden brauchte. Worauf es aber hier in erster Linie ankommt, ist der schon hervorgehobene Umstand, daß dies Thermometer infolge der großen Abkühlungskonstante relativ hoch mit Strom belastet und dadurch die Empfindlichkeit der Messung entsprechend erhöht werden kann.

Eichung des Thermometers. Eine Eichung des Platinthermometers, d. h. die Zurückführung seiner Angaben auf die des Wasserstoffthermometers ist an und für sich unnötig, wenn dasselbe Thermometer zur Eichung des Kalorimeters und zur eigentlichen Messung benutzt wird. Das Thermometer könnte dann eine ganz willkürliche Skale haben, die bei der Eichung des Kalorimeters elektrisch ausgewertet wird. Aber auch in diesem Falle ist die Zurückführung des Thermometers auf absolute Angaben schon deshalb von Wert, weil man dann von der Verwendung dieses speziellen Thermometers unabhängig wird. Bei der angestrebten Genauigkeit von 10^{-4} muß auch der Gradwert auf diesen Betrag, d. h. die Differenz 0° bis 100° muß auf 0,01° genau bestimmt werden. Da die Widerstandsänderung des Platins zwischen 0° und 100° sehr nahe geradlinig ist, genügt es, den Widerstand direkt bei 0° und 100° zu messen und die Abweichung von der Geradlinigkeit an Zwischenpunkten durch Vergleichung mit geprüften Quecksilberthermometern zu ermitteln. Aus den Konstanten des Platinthermometers und den Formeln zur Ermittlung der zu messenden Temperaturdifferenz (siehe weiter unten) läßt sich berechnen, daß diese Vergleichung auf einige tausendstel Grad genau sein muß.

Die Eichung ergibt dann die Formel für den Widerstand w_u des Platinthermometers bei der Temperatur u zu

$$w_u = w_0 (1 + \alpha u + \beta u^2) \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 4)$$

mit der aus der Messung 0° bis 100° folgenden Bedingung

$$\alpha + 100\,\beta = \frac{w_{100} - w_0}{100\,w_0} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 5)$$

Die hier beschriebenen Platinthermometer zeigten eine der Depression der Quecksilberthermometer analoge Erscheinung, d. h. nach Erwärmung des Thermometers auf 100° war der Nullpunkt tiefer als nach längerem Verweilen bei 0° oder bei Zimmertemperatur. Bei Platinthermometern dagegen, welche auf etwa 500° erwärmt werden können, verschwindet nach der Erwärmung auf diese Temperatur die Nachwirkung ganz. Die Depressionserscheinung war weder dadurch zu beseitigen, daß der Platindraht vor dem Umspinnen geglüht wurde, noch dadurch, daß das fertige Thermometer öfter so hoch erwärmt wurde, als es die zur Konstruktion des Thermometers benutzten organischen Substanzen zuließen (etwa auf 150°). Doch wurden die Fixpunkte nach solchem mehrmaligen Erhitzen konstant. Da es hier nur auf Temperaturdifferenzen ankommt, ist die Veränderung der Fixpunkte an sich ohne Einfluß, solange der Gradwert ungeändert bleibt; aber die Depression muß in Rücksicht gezogen werden.

Zur Messung bei der Bestimmung des Fundamentalabstandes 0° bis 100° eignet sich der deprimierte Nullpunkt am besten, die Differenz gegen den nicht deprimierten Nullpunkt, die hier etwa 0,1° betrug (also ein Promille des Gradwertes), wird dann durch besondere Versuche ermittelt. Bei der Anwendung des Thermometers zur Messung von Temperaturdifferenzen muß, wie eine entsprechende Überlegung zeigt[1]), dem Gradwert der *nicht deprimierte* Nullpunkt zugrunde gelegt werden. Nur falls dasselbe Thermometer zur Eichung des Kalorimeters und zu den Messungen mit demselben benutzt wird, kann man den leichter zu ermittelnden deprimierten Nullpunkt in Anwendung bringen. Ein Fehler entsteht bei richtiger Benutzungsweise des Thermometers durch diese Depressionserscheinung nicht.

Die Größe α der Formel beträgt nahe $4 \cdot 10^{-3}$; bei zwei verschiedenen Platinthermometern wurde z. B. gemessen

$$\alpha = 3{,}94 \cdot 10^{-3} \quad \text{bezw.} \quad 3{,}96 \cdot 10^{-3}$$
$$\beta = -0{,}623 \cdot 10^{-6} \quad \text{„} \quad -0{,}583 \cdot 10^{-6}.$$

Der betreffende Platindraht war aus reinstem Material von W. C. Heraens in Hanau bezogen.

Bezeichnet man die durch Platinthermometer festgelegte Temperatur mit p, so ist diese

$$p = \frac{w_u - w_0}{w_{100} - w_0} 100 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 6)$$

[1]) Bezeichnet man nämlich die den Temperaturen u_1, u_2, 100° entsprechenden Ablesungen mit l_1, l_2, l_{100}, den nicht deprimierten Nullpunkt mit l_0', die für die Temperaturen u_1, u_2 und 100° deprimierten Nullpunkte mit l_{01}, l_{02}, l_0, so ist zunächst zu setzen

$$U = u_2 - u_1 = \frac{100}{l_{100} - l_0} [(l_2 - l_{02}) - (l_1 - l_{01})]$$

und, wenn die Depression, wie in der Regel bei Quecksilberthermometern, proportional der vorangegangenen Temperaturerhöhung ist,

$$l_{02} - l_0' = \frac{u_2}{100}(l_0 - l_0'), \qquad l_{01} - l_0' = \frac{u_1}{100}(l_0 - l_0').$$

Daraus folgt

$$U = \frac{100}{l_{100} - l_0}(l_2 - l_1) - \frac{U}{l_{100} - l_0}(l_0 - l_0'),$$

wovon das erste Glied der Ausdruck für U sein würde, falls der deprimierte Nullpunkt der Graddifferenz zugrunde gelegt wäre. Man erhält indessen $U = \frac{100}{l_{100} - l_0'} \cdot (l_2 - l_1)$, d. h. für den Gradwert muß der nicht deprimierte Nullpunkt benutzt werden.

also nach Gl. 4) die Differenz der von dem Platinthermometer direkt angezeigten Temperatur (p) gegen diejenige des Wasserstoffthermometers (u)

$$p - u = -\frac{100\,\beta}{\alpha + 100\,\beta}\left(u - \frac{u^2}{100}\right) \quad \ldots\ldots\ldots \quad 6\text{a})$$

Für die obigen Beispiele erhält man somit

$$p - u = 0{,}0162\left(u - \frac{u^2}{100}\right) \quad \text{bezw.} \quad 0{,}0149\left(u - \frac{u^2}{100}\right).$$

Bei 50° ist also die direkt angegebene Temperatur des Platinthermometers (in Übereinstimmung mit den sonst gefundenen Werten) etwa 0,4° höher als diejenige des Wasserstoffthermometers. Durch die Eichung wird seine Temperaturangabe auf die letztere zurückgeführt.

Widerstandsmessung. Mit dem Platinthermometer sollen nur die konstanten Temperaturgänge der sogenannten Vor- und Nachperiode mit möglichster Genauigkeit sowohl hinsichtlich ihrer Neigung, wie ihres absoluten Abstandes gemessen werden; aus diesen ergeben sich sowohl die unmittelbare Temperaturdifferenz zwischen Anfang und Ende des Versuchs als auch die zu deren Korrektion nötigen Daten. Der Temperaturverlauf der Hauptperiode braucht mit viel geringerer Genauigkeit gemessen zu werden, da er nur zur Berechnung der Korrektion gebraucht wird; man kann zu diesem Zweck das Galvanometer unempfindlicher machen oder aber ein Quecksilberthermometer verwenden. Die Temperaturen der Vor- und Nachperiode dagegen sollen auf etwa $^1/_{10000}{}^0$ genau gemessen werden.

Die Widerstandsmessung des Platinthermometers wurde daher mit dem Differentialgalvanometer nach der Kohlrauschschen Methode des übergreifenden Nebenschlusses ausgeführt, weil mit dieser bei gleicher Strombelastung für Widerstände der hier in Frage kommenden Größe eine größere Empfindlichkeit zu erzielen ist, als bei der außerdem noch in Betracht kommenden Thomson-Brücke[1]). Die Messung des Widerstandes mit dem Kompensationsapparate konnte bei so großen Ansprüchen an die Genauigkeit (bis auf $^1/_2$ Milliontel) nicht in Frage kommen.

Wie bereits früher (*a. a. O.*) dargelegt worden ist, brauchen die beiden Windungen des Differentialgalvanometers weder in bezug auf den Widerstand, noch in bezug auf die elektrodynamische Wirkung abgeglichen zu sein, und es ist am günstigsten, den Widerstand einer Hälfte des Galvanometers dem zu messenden Widerstand gleich zu machen.

Wenn beim Umlegen des sechsnäpfigen Schalters K, der die Stromquelle vertauscht (Fig. 2), das Galvanometer den gleichen Ausschlag nach derselben Seite gibt, sind die zu vergleichenden Widerstände stets gleich, wie groß auch der Ausschlag sein mag. Aus praktischen Gründen ist es aber angezeigt, dafür zu sorgen, daß diese Ausschläge klein bleiben, weil sonst beim Umlegen des Kommutators eine starke Schwingung der Nadel stattfindet, zu deren Beruhigung dann wieder eine längere Zeit notwendig ist. Dieser Übelstand tritt nicht ein, wenn die Ausschläge sehr klein oder Null sind. Deshalb werden zweckmäßig in die Galvanometerkreise Widerstände eingeschaltet, die durch einen Nebenschluß so abgeglichen werden, daß der Ausschlag bei Widerstandsgleichheit möglichst auf Null zurückgeführt wird.

Ist diese Abgleichung vollkommen erreicht, sind aber die Widerstände etwas ungleich, so erfolgen die Ausschläge gleich weit nach verschiedenen Seiten. Durch

[1]) W. Jaeger, Vergleichende Betrachtungen über die Empfindlichkeit verschiedener Methoden der Widerstandsmessung. *Diese Zeitschr.* **26.** *S. 69. 1906*; vgl. besonders die Tabelle auf *S. 83.*

geeignete Kombination dieser Ausschläge läßt sich der richtige Widerstand interpolieren; hier kommt dieses Verfahren aber nicht in Anwendnng, sondern es wird die Zeit bestimmt, bei der völlige Gleichheit der zn vergleichenden Widerstände (w_1, w_2) eingetreten ist. Fig. 2 zeigt die bekannte Kohlrauschsche Anordnung rein schematisch (*G* das Differentialgalvanometer, von dem die eine Hälfte mit den Enden *1, 3*, die andere mit den Enden *2, 4* der Widerstände w_1, w_2 verbunden ist, *U* ein Stromwender, *K* der sechsnäpfige Kommntator, *w* der Ballastwiderstand im einen Galvanometerzweig).

In Fig. 3 ist die Meßanordnung mit allen Einzelheiten dargestellt. *P* ist das Platinthermometer, dessen Widerstand bei den bisher benutzten Instrumenten zwischen 5 und 10 Ohm lag, w_0 der aus einer in Petroleum stehenden Manganinbüchse bestehende feste Vergleichswiderstand, *w* ein dnrch einen Stöpselrheostaten gebildeter Nebenschluß, der die beiden Widerstände *P* und w_0 nahe gleich macht. Parallel zn w_0 und *w* wird ein zweiter Nebenschluß *N* mit hohem Widerstand gelegt, der dazu dient, die kleinen Widerstandsänderungen während des Temperaturganges zn kompensieren, wobei *w* unverändert bleibt. Als solcher ist zweckmäßig ein Kurbel-Widerstandskasten mit Dekaden von 1000, 100 ... bis 0,1 Ohm zu benutzen; bei Anwendung von Stöpselrheostaten an Stelle von *N* muß man sehr vorsichtig verfahren, damit trotz des fortwährenden, dnrch die Veränderung des Widerstandes bedingten Stöpselns kein Stöpsel gelockert wird, weil sonst durch den vermehrten Übergangswiderstand Fehler entstehen. Dies ist bei einem Kurbelrheostat nicht möglich[1]).

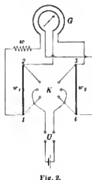


Fig. 2.

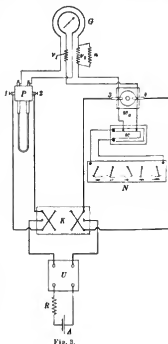


Fig. 3.

Der Meßstrom ist einem Akkumulator *A* entnommen, dem 200 Ohm als Ballast (*R*) vorgeschaltet sind. Als Galvanometer wird, da eine große Empfindlichkeit notwendig ist, ein du Bois-Rnbenssches Kngelpanzergalvanometer mit kleinem Widerstand verwandt, bei dem auf jede Rolle zwei Lagen Windungen gleichzeitig aufgewickelt sind, sodaß es differential benutzt werden kann. Der Widerstand einer Hälfte ist bei den hier beschriebenen Platinthermometern zweckmäßig etwa 10 Ohm. In jeden Zweig wird dann noch ein Widerstand von etwa 1 Ohm (ν_1, ν_2) eingeschaltet, deren einer zum Zweck der früher erwähnten Regulierung einen Nebenschluß *n* erhält.

Die Messung mit dem Platinthermometer geht nun in folgender Weise vor sich. Zunächst werden die Widerstände *w* und *N* so einreguliert, daß beim Umlegen des

[1]) Die Stelle eines Kurbel-Widerstandskastens kann auch ein Kompensationsapparat neueren Modells in der Ausführung von O. Wolff in Berlin (*diese Zeitschr.* **21**, *S. 229. 1901*) vertreten.

Kommutators K der Ausschlag gleich weit nach derselben Seite geht; dann wird n so verändert, daß der Ausschlag nahe auf Null zurückgeführt wird. Bei ansteigender Temperatur muß man darauf achten, daß nicht N von Anfang an schon sehr groß ist, weil man sonst mitunter während des Versuchs den Nebenschluß w verändern müßte. Nun wird N vergrößert bezw. verkleinert und der Zeitmoment bestimmt, wann das Galvanometer bei fortwährendem Umlegen des Kommutators K wieder Gleichheit des Widerstandes angibt, d. h. bis der Ausschlag beim Kommutieren unverändert bleibt. Die Veränderung von N wird dabei zweckmäßig so gewählt, daß etwa auf jede Minute eine Beobachtung kommt. Die Messung wird in dieser Weise einige Minuten fortgeführt.

Da es hierbei wünschenswert ist, rasch kommutieren zu können, so ist es vorteilhaft, den früher (*diese Zeitschr.* **24.** *S. 290. 1904*) beschriebenen Kommutator zu verwenden.

Die Beobachtung liefert also zusammengehörige Werte für den Nebenschluß N und die Zeit t der Vor- und Nachperiode. Hieraus sind die Größen des Temperaturgangs $r_1 = du_1/dt$ und $r_2 = du_2/dt$ sowie die Anfangs- und Endtemperaturen u_1 und u_2 bezw. die Differenz $U = u_2 - u_1$ abzuleiten.

Berechnung der Temperaturdifferenz U u. s. w. aus den Nebenschlüssen N. Aus Gl. 4) (*S. 241*) folgt für die Temperaturdifferenz U, wenn der Temperatur u_1 bezw. u_2 der Widerstand W_1 bezw. W_2 des Platinthermometers entspricht, die Gleichung

$$U = B(W_2 - W_1) \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 7)$$

worin

$$B = \frac{100}{W_{100} - W_0} \cdot \frac{1 + 50\gamma}{1 + u\gamma} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 8)$$

zu setzen ist, wenn $\gamma = \frac{2\beta}{\alpha}$ und u die Mitteltemperatur $\frac{1}{2}(u_1 + u_2)$ ist.

Zur Berechnung bequemer ist die identische Formel

$$U = B \frac{1}{\frac{1}{W_1} \cdot \frac{1}{W_2}} \left(\frac{1}{W_1} - \frac{1}{W_2}\right) \quad \ldots \ldots \ldots \quad 9)$$

worin

$$\left.\begin{aligned} \frac{1}{W_1} &= \frac{1}{w_0} + \frac{1}{w_1} + \frac{1}{N_1} \\ \frac{1}{W_2} &= \frac{1}{w_0} + \frac{1}{w_2} + \frac{1}{N_2} \end{aligned}\right\} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 10)$$

sich aus den Nebenschlüssen w_1 bezw. w_2 und N_1 bezw. N_2 ergibt.

Die Größe B ist nur wenig mit der Temperatur veränderlich[1]); zur Berechnung nach Formel 9) wird zweckmäßig eine Tabelle für $\log B$ von Grad zu Grad aufgestellt (s. Beispiel).

Die Werte $1/N_1$ und $1/N_2$ erhält man, indem man die Reziproken der als Funktion der Zeit beobachteten Werte N graphisch aufträgt und die beobachteten Punkte durch eine gerade Linie verbindet (die Werte von $1/N$ verlaufen theoretisch sehr nahe geradlinig, die von N nicht); diesen Linien entnimmt man dann die den Anfangs- und Endzeiten entsprechenden Werte für $1/N$.

Die Neigung dieser Linien ergibt auch die Werte $d(1/N_1)/dt$ und $d(1/N_2)/dt$, aus denen die zur Berechnung der Korrektion noch nötigen Temperaturgänge $r_1 = du_1/dt$ und $r_2 = du_2/dt$ zu berechnen sind. Es ist nämlich

[1]) Etwa 0,3 Promille pro Grad; vgl. die Tabelle auf *S. 248*.

$$v_1 = \frac{du_1}{dt} = -B \frac{1}{\frac{1}{W_1^2}} \cdot \frac{d\frac{1}{N_1}}{dt} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 11)$$

Ein entsprechender Ausdruck ergibt sich für v_2. In B ist in diesem Fall $u = u_1$ bezw. u_2 zu setzen.

Wie die Werte v_1 und v_2 weiter benutzt werden, ist früher (*a. a. O.*) bereits auseinandergesetzt; es folgt zunächst für die Abkühlungskonstante

$$a = -\frac{1}{U}(v_2 - v_1) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 12)$$

und für die Außentemperatur

$$u_0 = \frac{u_1 + u_2}{2} + \frac{1}{2a}(v_2 + v_1)$$

und daraus die Korrektion, die an U anzubringen ist,

$$u' = -a\int_{t_1}^{t_2}(u - u_0)\,dt \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 13)$$

wobei u die mit dem Quecksilberthermometer beobachteten Temperaturen der Hauptperiode sind, die zwischen denselben Zeiten t_1 und t_2 gerechnet wird, für welche die Werte N_1 und N_2 den Linien für N entnommen worden sind. Das Integral wird auch zweckmäßig aus einer graphisch für u aufgetragenen Kurve berechnet.

Beispiel einer Temperaturmessung. Im folgenden sei ein Beispiel für die Messung einer Temperaturerhöhung mit dem Platinthermometer mitgeteilt. Das Thermometer hatte einen Widerstand von etwa 8 Ohm. Deshalb wurde für w_0 (Fig. 3) ein Widerstand von 8 Ohm benutzt; während der Vorperiode war dazu ein Nebenschluß $w = 77$ Ohm, während der Nachperiode $w = 83$ Ohm gelegt. In der folgenden Tab. 2 sind die zusammengehörigen Zeiten t, die mit dem Kurbelrheostaten eingestellten Widerstände N und deren Reziproken $1/N$ enthalten.

Tabelle 2.

Vorperiode $w_0 = 8$, $w = 77$ Ohm			Nachperiode $w_0 = 8$, $w = 83$ Ohm		
t	N Ohm	$1/N$ $10^{-7}\times$	t	N Ohm	$1/N$ $10^{-7}\times$
$1^h\ 51^m\ 55^s$	4430	2257	($2^h\ 10^m$ =		
52 54	480	232	Zeit t_2)		
53 35	510	217	$2^h\ 11^m\ 10^s$	6390	1565
54 54	550	198	12 12	80	67
56 46	600	173	13 14	70	70
57 57	630	160	15 0	60	72
59 06	660	146	15 52	50	75
2^h 0 0	Beginn der Er-		17 0	40	77
	wärmung (Zeit t_1)		17 52	30	80

Die Temperaturen der Hauptperiode, die bei $2^h\ 0^m\ 0^s$ mit dem Beginn der Erwärmung des Kalorimeters einsetzt, ist mit dem Quecksilberthermometer gemessen, bis keine wesentliche Änderung der Temperatur mehr zu konstatieren war. Daran schließt sich dann die Nachperiode. Die Beobachtung ergab folgende Werte für die Zeit t und Temperatur u.

Tabelle 3.

t	u	t	u
$2^h\ 0^m$	$12{,}32_5°$	$2^h\ 4\frac{1}{2}^m$	$14{,}02°$
$0\frac{1}{2}$	38	5	11
1	51	$5\frac{1}{2}$	16
$1\frac{1}{2}$	72	6	20
2	96	7	22_5
$2\frac{1}{2}$	13,22	8	25_5
$3\frac{1}{2}$	77_5	9	26_0
4	92	10	26_5

In Fig. 4a und 4b sind die Werte $1/N$ der Vor- und Nachperiode, in Fig. 5 die Temperaturen der dazwischen liegenden Hauptperiode aufgetragen. In den Fig. 4a und 4b ist auch die Größe von 0,001° angegeben, woraus zn ersehen ist, wie gut die beobachteten Pnnkte in die geraden Linien fallen; die Beobachtungsfehler bleiben weit unter 0,001°.

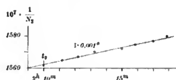


Fig. 4b. Nachperiode.

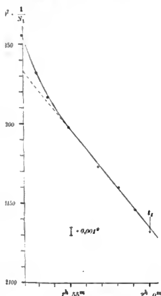


Fig. 4a. Vorperiode.

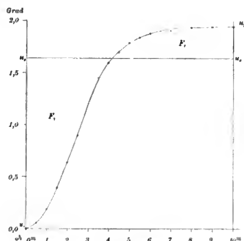


Fig. 5. Hauptperiode.

Diesen Linien sind folgende Werte entnommen, wobei $t_1 = 2^h\ 0^m\ 0^s$ und $t_2 = 2^h\ 10^m\ 0^s$ als Anfangs- nnd Endzeiten gewählt sind:

für $t_1 = 2^h\ 0^m\ 0^s \quad 1/N_1 = 2133{,}7 \times 10^{-7}$ aus der Vorperiode,

„ $t_2 = 2^h\ 10^m\ 0^s \quad 1/N_2 = 1562{,}0 \times 10^{-7}$ aus der Nachperiode

und

$$\frac{d\frac{1}{N_1}}{dt} = -12{,}56 \times 10^{-7}, \qquad \frac{d\frac{1}{N_2}}{dt} = +2{,}21 \times 10^{-7}.$$

Nach Gl. 10) folgt dann weiter

$$\frac{1}{W_1} = 1382003{,}7 \times 10^{-7}, \qquad \frac{1}{W_2} = 1372044{,}0 \times 10^{-7},$$

$$\frac{1}{W_1} - \frac{1}{W_2} = 9959{,}7 \times 10^{-7}.$$

Für das benutzte Thermometer waren nun folgende Konstanten ermittelt worden (vgl. Gl. 8)):

u	B	log B
10°	36,90	1,567086
15°	36,96	7780
20°	37,02	8470
25°	37,08	9161

Daraus ergibt sich dann nach Gl. 9)

$$U = 1{,}9405°,$$

unkorrigiert, während mit dem Quecksilberthermometer roh 1,940° gemessen war (siehe Tabelle 3), und nach Gl. 11)

$$v_1 = \frac{du_1}{dt} = +0{,}00242_1, \qquad v_2 = \frac{du_2}{dt} = -0{,}00043_3;$$

hieraus ferner nach Gl. 12)

$$a = 0{,}00147_5,$$

$$u_0 = 13{,}96°,$$

also

$$u_0 - u_1 = 1{,}64°.$$

Die Temperaturänderung des Kalorimeters pro Minute bei einem Temperaturunterschied von 1° gegen die Außentemperatur beträgt also nur etwa 1,5 tausendstel Grad. Die aus v_1 und v_2 berechnete Außentemperatur $u_0 = 13{,}96°$ ist in die Kurve der Hauptperiode eingezeichnet und die Fläche $\int_{t_1}^{t_2} (u - u_0)\, dt$ der Gl. 13) ergibt sich dann als Differenz der ober- und unterhalb u_0 liegenden Flächenstücke $F_1 - F_2$ (Fig. 5) zu $F = -2{,}70$ Grad × Minuten (das Integral ist auch von $t = 2^h\ 0^m\ 0^s$ bis $2^h\ 10^m\ 0^s$ auszudehnen).

Die an der beobachteten Temperaturdifferenz U anzubringende Korrektion ist somit

$$aF = -0{,}0040°.$$

Als Resultat der Messung erhält man also eine Temperaturerhöhung des Kalorimeters

$$U_0 = 1{,}9405° - 0{,}0040° = 1{,}9365°.$$

Diese Temperaturdifferenz stellt die Größe dar, die man erhalten haben würde, wenn kein Wärmeaustausch des Kalorimeters mit der Umgebung stattgefunden hätte. Die Mitteltemperatur des betreffenden Versuchs ist 13,29°.

Es lassen sich noch die Fragen aufwerfen, welchen Widerstand man dem Platinthermometer am zweckmäßigsten zu geben hat, und ferner, welche Empfindlichkeit mit demselben zu erreichen ist.

Die Größe des Widerstandes und die Dimensionen, die man demselben geben kann, hängen, wie bei anderer Gelegenheit näher auseinandergesetzt werden soll, davon ab, welche Energieentwicklung im Widerstandsdraht und welche Erwärmung

desselben über die Umgebung man noch zulassen will. Die Größe des Widerstandes selbst ist ohne Einfluß auf die Empfindlichkeit der Messung, solange die im Draht umgesetzte Energie dieselbe bleibt[1]). Die Beantwortung der ersten Frage hängt also von den besonderen Versuchsbedingungen ab; deshalb ist auch die zweite Frage, welche Empfindlichkeit überhaupt zu erreichen ist, nicht allgemein zu beantworten.

Es sei noch bemerkt, daß man für die elektrischen Messungen der Temperatur nicht allein auf Widerstandsthermometer aus Platin angewiesen ist, sondern auch andere Metalle mit großem Temperaturkoeffizienten verwenden kann.

Flimmerphotometer mit zwei in der Phase verschobenen Flimmerphänomenen.

Von
Walter Bechstein in Berlin.

(Mitteilung aus den opt. u. mech. Werkstätten von Franz Schmidt & Haensch.)

In den bisher bekannten Konstruktionen von Flimmerphotometern wird das Roodsche Flimmerphänomen stets auf der *ganzen* Fläche eines beliebig begrenzten Gesichtsfeldes gleichartig erzeugt.

Das Flimmerphotometer mit zwei in der Phase verschobenen Flimmerphänomenen (Fig. 1) erlaubt die Beobachtung zweier neben einander gelegener Teile des Gesichts-

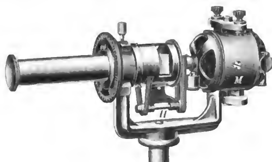


Fig. 1.

feldes, Ring und Zentrum, entsprechend den Fig. 2 und 3; das Gesichtsfeld entspricht im Aussehen dem eines Lummer-Brodhunschen Gleichheitswürfels. Sowohl im Ring als auch im Zentrum werden Roodsche Flimmerphänomene erzeugt, welche aber in der Phase um 180° verschoben sind.

Das Gesichtsfeld kann durch Einsetzen von Blenden nach Wunsch bis zur *fovealen* Größe abgeblendet werden und erhält in letzterem Falle das Aussehen entweder von Fig. 4 oder 5. Nach Fig. 4 wird nur ein, nach Fig. 5 werden zwei in der Phase um 180° verschobene Flimmerphänomene betrachtet.

Die Konstruktion des neuen Flimmerphotometers entspricht im wesentlichen der Anordnung des in *dieser Zeitschr.* **25.** *S. 45. 1905* beschriebenen *einfachen* Flimmerphotometers.

---

[1]) Vgl. *diese Zeitschr.* **26.** *S. 84. 1906.*

Aus Fig. 6 ist ersichtlich, daß der Ritchiesche Gipskörper G in der Brennweite von Linse L_1 und der schlitzförmige Augendeckel A in der Brennweite von Linse L_2 stehen. Zwischen beiden Linsen ist eine Keilkombination Kk, bestehend

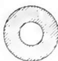

Fig. 2.


Fig. 3.


Fig. 4.


Fig. 5.

aus zwei konzentrisch zueinander angeordneten Glaskeilen mit gleichen brechenden Winkeln, nebst davor gelegener Blende B derart eingeschaltet, daß beide zugleich durch L_2 als Lupe scharf gesehen werden können. Die Keile Kk sind starr miteinander verbunden und zwar so, daß die Keilwinkel entgegengesetzte Lagen haben. Sie werden zugleich mit Linse L_1 vom Motor M durch eine seitlich angebrachte Hülfswelle H (Fig. 1) in entsprechende Rotation versetzt. Die Betriebsspannung für den Motor beträgt 6 bezw. 110 Volt. Für die Regulierung der Tourenzahl ist ein geeigneter Vorschaltwiderstand vorgesehen; die Übertragung erfolgt durch zwei kleine Ledertreibriemen und ist so gewählt, daß die Regulierung der Tourenzahl innerhalb der nötigen Grenzen mittels des Widerstandes erfolgen kann.

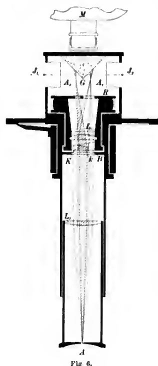


Fig. 6.

Durch die Einführung des Doppelkeiles Kk in den Strahlengang des Instrumentes werden zwei gleich weit abgelenkte, diametral gegenüberstehende Bilder A_1 und A_2 der schlitzförmigen Augenpupille A auf dem Gipsprisma G erzeugt, welche bei Rotation die in Fig. 7 gezeichnete Bahn beschreiben.


Fig. 7.

Hieraus folgt, daß in der Ruhelage bei der in Fig. 6 gezeichneten Stellung des Rotationskörpers R der Ring K Licht von J_2 und das Zentrum k solches von J_1 bekommen, und daß alle Stellen des Ringes und des Zentrums von der entsprechenden Lichtquelle *gleich hell* beleuchtet werden.

Das Instrument ist demnach in der Ruhelage ein *Gleichheitsphotometer*, bei welchem aber aus optischen Gründen die Trennungslinie nicht zum Verschwinden gebracht werden kann. Auf Gleichheit einzustellen ist immer dann möglich, wenn $\sin\varphi \geq a/d$ ist; hierbei sind a und d so gewählt, daß bei ausreichender, von a abhängiger Helligkeit φ einen verhältnismäßig kleinen Wert erhält.

Wird nun der Körper R etwa um 180° gedreht, so bekommen der Ring K und das Zentrum k Licht von J_1 bezw. J_2; die Lichtquellen sind *scheinbar* gegenseitig vertauscht unter *Beibehaltung ihrer Entfernungen*.

Bei *fortgesetzter* langsamer Rotation, vorläufig gleich gefärbte Lichtquellen vorausgesetzt, hat das Gesichtsfeld abwechselnd das Anssehen von Fig. 2 und 3, wenn die Beleuchtungsstärken der beiden Gipsflächen noch ungleich sind.

Im Gesichtsfeld liegen die beiden von J_1 und J_2 wechselweise beleuchteten Teile sehr nahe aneinander, das Ange sieht die Differenz der Helligkeiten während je $1/2$ Periode vergleichend.

Wird nnn die Tourenzahl erhöht, so tritt Flimmern ein, welches dadurch, daß die Maxima und Minima abwechselnd im Ring und Zentrum erscheinen, verstärkt wird. Die richtige Einstellnng ist wie beim einfachen Flimmerphotometer dann erreicht, wenn das Flimmern bei Verschiebung des Photometers an einer einzigen Stelle aufhört bezw. ein Minimum wird.

Sollen verschieden gefärbte Lichtquellen verglichen werden, so gilt sowohl für den Ring als anch für das Zentrum das Roodsche Prinzip. Die Tonrenzahl wird nach demselben so gewählt, daß bei nahezu richtiger Einstellung auf gleiche Helligkeit das Gesichtsfeld gerade in der Mischfarbe erscheint nnd das Flimmern *nur* durch Helligkeitsunterschiede hervorgerufen wird. Anch hierbei wird das Flimmern dadurch verstärkt, daß die Maxima nnd Minima abwechselnd im Ring nnd Zentrum liegen.

Nach den bisher angestellten Versuchen wird ein genaueres und weniger ermüdendes Einstellen erreicht als unter Anwendnng nur eines Roodschen Phänomens, und zwar sowohl für gleich- als auch nngleich gefärbte Lichtquellen; die Übereinstimmung der einzelnen Werte ein und desselben Beobachters wird dnrch die Einführung der beiden neben einander gelegenen, in der Phase um 180° verschobenen Flimmerphänomene erhöht.

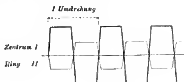


Fig. 8.

Die Kurven I und II (Fig. 8), deren Formen willkürlich gewählt sind, zeigen die Größenverhältnisse der periodisch wiederkehrenden Lichtreize der beiden in der Phase verschobenen Flimmerphänomene, wenn die Einstellnng auf gleiche Helligkeit noch fehlerhaft ist.

Die mechanische Ausführung des früher (*a. a. O.*) beschriebenen Instrumentes hat eine Abänderung insofern erfahren, als dnrch die Anfstellung des Motors in der Verlängerung der Achse des Photometers und dnrch die Anbringung einer seitlichen Hülfswelle *H*, Fig. 1, ein *Umschlagen* des ganzen Instrnmentes ermöglicht ist, wodurch die Drehung des Gipses allein überflüssig und infolgedessen weggelassen ist.

Über eine Verbesserung der Quecksilberluftpumpe.

Von
E. Pauli in Jena.

Die vielfach benutzte Quecksilberluftpumpe von der Form der Fig. 1 hat den Übelstand, daß man, wenn noch Atmosphärendruck in der Pnmpe ist, nicht schon beim ersten Male alle Luft in dem Ballon *B* durch völliges Übertretenlassen des Quecksilbers bis znm Gefäß *G* entfernen kann. Füllt man nämlich die ganze Pumpe mit Quecksilber, so entsteht beim Herunterlassen desselben zwischen dem Ballon *B* und der durch das Ventil *V* abgeschlossenen Leitung nach dem auszupumpenden Raum eine zn große Druckdifferenz; infolgedessen wird das Quecksilber in der

Röhre R, durch welche der Ausgleich der Druckdifferenz geschieht, zu stark in die Höhe geworfen, und das Glas wird zertrümmert. Man ist daher genötigt, stufenweise zu evakuieren, d. h. das Quecksilbergefäß 3- bis 4-mal zu heben und zu senken, bis der erste Übertritt des Quecksilbers bei G erfolgen darf. Diesem, mit einem Zeitverlust verbundenen Übelstande wird durch eine in Fig. 2 wiedergegebene Konstruktion abgeholfen; sie unterscheidet sich von der ersten wesentlich durch zwei Änderungen: 1. das Ventil V und damit auch die Ansatzstelle a (in Fig. 2 a') sind so tief gesetzt, daß das Ventil die nach dem zu evakuierenden Raum führende Röhre S abschließt, wenn das Quecksilber beim Steigen in der Hauptröhre H gerade bis zum Ballon B gekommen

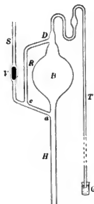


Fig. 1.

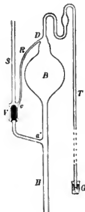


Fig. 2.

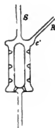


Fig. 3.

ist; 2. die Röhre R ist nicht unter dem Ventil, sondern an dem oberen Ende desselben bei c' angesetzt. Wie bei der alten Konstruktion mündet R bei D in das obere Ende des Ballons B ein. Die Wirkungsweise der neuen Pumpe ist nun folgende. Beim Steigen des Quecksilbers schließt das Ventil V die Röhre S, an welche die Leitung nach dem zu evakuierenden Raum angesetzt ist, ab; das Quecksilber steigt in B und R in die Höhe, vereinigt sich bei D und treibt alle Luft bei G aus. Beim Herunterlassen des Quecksilbers (das zweckmäßig beim ersten Male langsam geschieht), entsteht im Ballon B ein Vakuum; der Ausgleich der Druckdifferenz erfolgt durch die Röhre R, und zwar läßt das Ventil (s. Fig. 3) diesen Ausgleich *nur in einzelnen Absätzen* zu; denn da durch den Übertritt eines Teiles der Luft von S nach B der Druck in S sich nun vermindert hat, so steigt das Quecksilber wieder in der Ventilröhre und schließt damit das Ventil selbst; dieser Vorgang wiederholt sich beim Sinken des Quecksilbers mehrere Male, sodaß also auf diese Weise der Ausgleich zwischen S und B stufenweise erfolgt. Hierdurch, sowie durch den Umstand, daß die Röhre R sehr wenig Quecksilber enthält, wird jede Gefahr des Zertrümmerns ausgeschlossen. Ein weiterer kleiner Vorteil bei der neuen Konstruktion besteht darin, daß der ganze Ventilraum bei der Evakuierung ausgenutzt wird; denn der Abschluß der zu evakuierenden Leitung von der Pumpe erfolgt erst bei c', nachdem der Ventilraum bereits mit Quecksilber gefüllt ist. Bei der früheren Konstruktion erfolgt dagegen der Abschluß der Pumpe schon bei c, ehe das Ventil V mit Quecksilber gefüllt ist, oder mit anderen Worten: bei der neuen Konstruktion gehört der Ventilraum zum Pumpenraum, bei der früheren Konstruktion zu dem zu evakuierenden Raum.

Der Hauptvorteil der neuen Anordnung besteht aber, wie gesagt, darin, daß man ohne jede Gefahr, die Pumpe zu zertrümmern, schon beim ersten Male den Ballon völlig mit Quecksilber füllen kann und daß beim Auspumpen von Apparaten eine Zeitersparnis erzielt wird. Die neue Pumpe[1]) ist praktisch erprobt worden und hat sich gut bewährt.

Jena, Physikalisches Institut der Universität, im Juni 1906.

Referate.

Das Sonnen-Observatorium des Carnegie-Instituts.

Von G. E. Hale. *Contributions from the Solar Observatory Mt. Wilson, California. Nr. 2. 1905.*

Einige Proben des Snow-Teleskops.

Von G. E. Hale. *Astrophys. Journ.* **23.** *S. 6. 1906.*

Den Bemühungen von Prof. Hale, dem damaligen Direktor der Yerkes-Sternwarte, gelang es vor zwei Jahren, von dem Carnegie-Institut in Washington und von der Universität Chicago die Mittel zur Errichtung eines in erster Linie für Sonnenbeobachtungen bestimmten Observatoriums auf der Spitze des 1794 *m* hohen Mount Wilson in Kalifornien zu erlangen. Die anfangs nur als hoch gelegene Beobachtungsstation der Yerkes-Sternwarte geplante Anlage entwickelte sich bald zu einem selbständigen Unternehmen, an dessen Spitze Hale als Direktor trat. Unter seiner Leitung und mit tatkräftiger Unterstützung seitens der Hrn. Ritchey, Ellerman und Adams, die ihm aus dem früheren Personal der Yerkes-Sternwarte folgten, ist auf dem Berggipfel eine Beobachtungsstation gegründet worden, die mit den älteren Sternwarten kaum noch eine Ähnlichkeit hat.

Als im Jahre 1903 das zu den Vorarbeiten für dieses Sonnen-Observatorium gebildete Komitee eine Rundfrage an eine Reihe von Astrophysikern richtete, schlug Referent vor[2]), als Hauptinstrument nicht einen der bisher üblichen Refraktoren, sondern vielmehr ein horizontal liegendes Spiegelteleskop von großer Brennweite zu wählen. Denn einerseits bietet gerade für die astrophysikalischen Untersuchungen der Reflektor wegen des vollständigen Fortfallens der chromatischen Aberration große Vorteile gegenüber dem Refraktor, andererseits ist bei horizontaler und unveränderter Lage der mit dem Teleskop zu verbindenden Spektrographen eine weit größere Schärfe der Spektralmessungen zu erreichen, da die Apparate dann leicht biegungsfrei und auf konstanter Temperatur erhalten werden können. Auch für die sehr schweren Spektroheliographen ist eine konstante Lage der optischen Achse des Teleskops fast unerläßlich. Übereinstimmend mit diesem Vorschlage ist das Hauptinstrument des neuen Observatoriums, das Snow-Teleskop, konstruiert. Seinen Namen hat das Instrument nach Miss H. Snow aus Chicago erhalten, welche eine Summe von 10000 Dollars dafür stiftete. Das ganze Instrument mit allen seinen optischen Teilen wurde nach Hales Entwürfen unter der Leitung von Prof. Ritchey in der mechanischen Werkstatt der Yerkes-Sternwarte gebaut, deren Eigentum es auch noch ist.

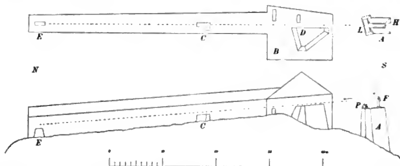
Die Anordnung der Anlage ist aus der Figur zu erkennen, die oben den Grundriß, darunter den Aufriß der wichtigsten Gebäudeteile schematisch enthält. Die im Aufriß dargestellte Hauptebene des Gebäudes, in welcher die optische Achse des Teleskops liegt, fällt nahe mit der Meridianebene zusammen, und zwar liegt in der Figur Süden rechts, sie zeigt also den von Westen her gesehenen Anblick. Die Anlagen benutzen in geschickter Weise die natürliche Bodenform der Bergspitze. Am Südabhange ist der etwa 8 *m* hohe Pfeiler *A*

[1]) Die Pumpe ist in der glastechnischen Anstalt von A. Haak in Jena ausgeführt worden und kann von da bezogen werden.

[2]) Vgl. *Report of the Committee on Southern and Solar Observatories.* Washington 1903. *S. 160.*

errichtet, welcher den Zölostaten trägt. Das von letzterem in der punktierten Richtung zurückgeworfene parallele Lichtbüschel durchläuft zuerst den Beobachtungsraum *B* und gelangt dann zu dem auf dem Pfeiler *C* aufgestellten Konkavspiegel von 61 *cm* Öffnung und 18,3 *m* Brennweite, dessen Bildebene bei *D* liegt. Das von diesem Spiegel entworfene Sonnenbild hat 17 *cm* Durchmesser. Um ein Bild von 41 *cm* Durchmesser zu erhalten, wird in der Werkstatt des Observatoriums jetzt ein zweiter Spiegel von gleicher Öffnung und 43,6 *m* Brennweite geschliffen. Dieser wird auf dem Pfeiler *E* aufgestellt und kann ohne weiteres benutzt werden, sobald der erste Spiegel auf den Anbau des Pfeilers *C* zur Seite geschoben wird. Bedenkt man, welche enormen Montierungen für die beiden Spiegel von 18 und 44 *m* Brennweite bei der früheren parallaktischen Aufstellung nötig gewesen wären, so erkennt man, daß die hier gewählte Art der Aufstellung nicht nur für die Benutzung die bequemste, sondern auch bei weitem die billigste ist.

Die feste Lage der optischen Achse macht es nun erforderlich, daß das Licht der Sonne oder des zu beobachtenden Gestirns mittels eines Planspiegels auf den Hohlspiegel geworfen wird, und zwar konnte, da bei den hier auszuführenden Arbeiten auch eine Rotation des Sonnenbildes um seinen Mittelpunkt unzulässig war, nur die unter dem Namen



Zölostat bekannte spezielle Form des Heliostaten in Anwendung kommen. Bei diesem ist der Spiegel *P* mit einer in seiner Ebene liegenden Achse, die der Erdachse parallel gerichtet wird, fest verbunden und wird um dieselbe durch ein Uhrwerk in 48 Stunden einmal herumgedreht. Da der Spiegel also nur eine Bewegung um *eine* Achse besitzt, so könnte man, wie sich leicht ergibt, mit demselben nur das Licht von Gestirnen einer einzigen Deklination in das festliegende Fernrohr lenken. Um einen größeren Bereich des Himmels zugänglich zu machen, ist daher der zweite Planspiegel *F* in den Strahlengang eingeschaltet, der auf den zur optischen Achse des Teleskops parallelen Schienen *H* den verschiedenen Deklinationen entsprechend verschoben werden kann. Damit dieser Spiegel bei tief im Süden stehenden Sternen den Spiegel *P* nicht verdeckt, ist auch dieser auf Schienen *L* seitlich verschiebbar. Nur die Gegend in der Nachbarschaft des Nordpols bleibt bei Benutzung eines Zölostaten dauernd unzugänglich. Beim Snow-Teleskop hat der Zölostatenspiegel *P* 76 *cm*, der Spiegel *F* 61 *cm* Durchmesser.

In dem Beobachtungsraum *B* befinden sich Pfeiler zur Aufstellung der Instrumente. Das wichtigste von diesen ist Hales großer Spektroheliograph, der auf dem Pfeiler *D* montiert ist und zur Aufnahme des Sonnenbildes im monochromatischen Lichte verschiedener Wellenlängen dient.

Da es bei den spektroheliographischen Aufnahmen mehr als bei allen anderen Spektralbeobachtungen auf die Schärfe des vom Teleskop entworfenen Bildes ankommt, so können die bisher gewonnenen Sonnenaufnahmen als Beweis dafür dienen, daß sich die neuartige Anlage vollkommen bewährt hat. Es war ja zweifellos ein gewagtes Unternehmen, gerade für Sonnenaufnahmen zum ersten Male ein horizontales Spiegelteleskop von so großen

Dimensionen zu bauen. Bekanntlich sind Spiegel weit empfindlicher für Temperaturunterschiede als Linsen, und es war daher zu befürchten, daß bei der direkten Bestrahlung der zwei Heliostatenspiegel durch die Sonne eine derartige Verbiegung derselben eintreten würde, daß dadurch die Aufnahme scharfer Bilder unmöglich gemacht würde. Diese Störung ist in der Tat auch eingetreten, und es ist besonders interessant, zu sehen, in welcher Weise es gelungen ist, die Schwierigkeiten zu überwinden.

Wurden die Spiegel bei hoch stehender Sonne und windstillem Wetter der Bestrahlung ausgesetzt, so äußerte sich die Formveränderung der Flächen zunächst in einer scheinbaren Zunahme der Brennweite des 18 *m*-Hohlspiegels; die Änderung betrug in manchen Fällen bis zu 30 *cm*. Dabei trat noch starker Astigmatismus auf, und an verschiedenen Stellen des Gesichtsfeldes (den beiden Sonnenrändern) war die Brennweite stark verschieden, mit anderen Worten, der regelmäßige Strahlengang war in hohem Grade gestört. Es zeigte sich nun bald, daß diese Störungen bei frischem Wind sowie bei tiefem Sonnenstande ganz erheblich geringer waren, und durch Anbringung von Schirmen, die die Spiegel außerhalb der eigentlichen Aufnahme beschatteten, durch Bewegung der Luft mittels elektrischer Ventilatoren und durch Beschränkung der Aufnahmen auf die Morgen- und Abendstunden gelang es dann, Bilder von größerer Schärfe zu erhalten, als dies früher mit dem Yerkes-Refraktor der Fall gewesen war. Auch bei dem Bau des Beobachtungsraumes sowie des langen Ganges, in welchem die optische Achse verläuft, wurde überall in sehr geschickter Weise die Verhütung von starker Erhitzung und von Luftschichtungen angestrebt.

Ganz vorzügliche Bilder liefert das Snow-Teleskop nachts, vorausgesetzt, daß dasselbe nicht am Nachmittage stundenlang den Sonnenstrahlen ausgesetzt war. Es wird daher mit besonderem Vorteile zur Aufnahme von Sternspektren Anwendung finden können. Die verschiedenen in Verbindung mit dem Teleskop zu benutzenden Apparate, Spektrographen, Bolometer u. s. w., sind in dem Beobachtungsraume auf Pfeilern fest aufgestellt, und es genügt eine geringe Drehung des Konkavspiegels, um das Licht auf den betreffenden Apparat fallen zu lassen. Es ist zu hoffen, daß diese hier in vorbildlicher Weise durchgeführte Art der Fernrohrmontierung gerade bei astrophysikalischen Untersuchungen, die dadurch alle Vorzüge der Laboratoriumsarbeit gewinnen, immer mehr Aufnahme finde. *J. H.*

Die Triangulation des Stadtkreises Stettin.

Von Fr. Schulze. *Zeitschr. f. Vermess.* **34.** *S. 105, 123, 153. 1905.*

Der Verf. berichtet über die 1899 von ihm ausgeführte Stadttriangulation von Stettin. Er läßt mit Recht die meist bei solchen Arbeiten ausschließlich zum Maßstab genommene *Genauigkeit* nicht *allein* gelten, sondern verlangt eine *ausreichende* Genauigkeit der trigonometrischen Punktbestimmung (vgl. darüber seinen Aufsatz in der *Zeitschr. f. Vermess.* **33.** *S. 20, 33. 1904*) mit Berücksichtigung der *Kosten*. Ist in der Tat z. B. die Bestimmung von trigonometrischen Punkten III. oder IV. Ordnung, die noch einmal so genau ist, als anderswo erreicht wurde, auch ums doppelte besser, wenn diese größere Genauigkeit für die Zwecke, denen die Punkte dienen sollen, ganz überflüssig ist, dagegen einen erheblich größeren Kostenaufwand verursacht? Ich glaube, man hat schon heute vielfach Grund, zu sagen, daß Geld- und Arbeitsanfwand zur Steigerung der Genauigkeit gewisser Messungen in gar keinem Verhältnis steht zu dem Nutzen dieser Genauigkeitssteigerung.

Im ganzen hat der Verf. in seinem umfassenden Netz (197 *qkm*) 118 Dreieckspunkte I. bis V. Ordnung bestimmt, davon 15 Hauptpunkte I. und II. O., unter diesen wieder 5 Punkte der Landesaufnahme mit endgültig gegebenen Koordinaten; ein von der Landesaufnahme bestimmter Punkt II. O. in der Mitte des Triangulierungsgebietes mußte eine Verschiebung um 0,6 *m* erleiden; von weitern 23 Punkten III. und IV. O. der Landesaufnahme wurden die von dieser gelieferten Koordinaten (geographische Koordinaten umgewandelt in rechtwinklige in einem winkeltreuen System) nur als vorläufige angesehen, die Verschiebungen bei der Ausgleichung gehen bei einem Punkt IV. O. bis zu 25 *cm* in der Ordinate, 36 *cm* in der Abszisse.

Das Netz II. O. enthält 9, das Netz III. O. 17, das IV. O. 20 Punkte. Zur Messung der Winkel ist ein Nonien-Theodolit von **Dennert & Pape** mit Horizontalkreis von 17 *cm* und zwei Nonien mit 10″ Angabe verwendet worden (Fernrohr 36 *mm* Öffnung, 28 *cm* Brennweite, Vergrößerung 24-fach); da die längste Dreiecksseite II. O. noch kleiner als 10 *km* war, so genügte das Instrument vollständig. Die Messung ist in Sätzen gemacht, wobei in der 2. Hälfte eines Satzes (Fernrohr durchgeschlagen) die Zielpunkte zwar in der umgekehrten Reihenfolge im Vergleich mit der in der ersten Fernrohrlage eingehaltenen, jedoch ebenfalls bei *rechtläufiger* Drehung der Alhidade eingestellt wurden.

Für seine Messung im Jahr 1899 findet der Verf. aus Polygonwidersprüchen, sodaß die Zahlen die Zentrierungsfehler u. s. w. mit enthalten,

als m. F. einer Richtung im Netz	II. O.	$\pm 2{,}3''$
„ „ „ „ „ „ „	III. O.	$\pm 3{,}9''$
„ „ „ „ „ „ „	IV. O.	$\pm 3{,}9''$

bei einer durchschnittlichen Zielweite von 6,1, 4,0, 2,3 *km* im Netz II. bis IV. O. und bei einer Anzahl von 8, 6, 4, 3 vollständigen Sätzen (also 16, 12, 8, 6 Halbsätzen) in der Ordnung II bis V. Dem oben angegebenen Fehler der beobachteten Richtung im Netz II. bis IV. O. steht die unmittelbare Messungsgenauigkeit von $\pm 1{,}8''$, $\pm 2{,}7''$, $\pm 3{,}7''$ des Durchschnitts der beobachteten Richtungen in derselben Ordnung gegenüber, sodaß für das Verhältnis $m_d : m_r$ die befriedigenden Zahlen 1,25, 1,45 und 1,06 für die drei Ordnungen entstehen; für V. O. waren keine geschlossenen Polygone vorhanden, es sind dies vielmehr nur vorwärts eingeschnittene und Folge-Punkte. Projektionsmethode und Koordinatensystem sind hier nicht zu besprechen. Über die erlangte lineare Genauigkeit mögen die Angaben genügen: relative Genauigkeit einer ausgeglichnen Seite II. O. 1 : 77 000, einer ausgeglichnen Seite III. O. 1 : 63 000 und einer Seite IV. O. 1 : 61 000, endlich einer Seite V. O. 1 : 39 000. An der Hand spezieller Genauigkeitsnachweisungen (Richtungsfehler, der aus der Ungenauigkeit der gegebenen Punktordinaten entspringt; Zentrierungs- und Visurfehler) zeigt der Verf., „daß es ein müßiges und unfruchtbares Beginnen ist, den Betrag der Richtungsfehler m_r und m_d“ (m. F. des Durchschnitts der auf der Station für jede Dreiecksseite beobachteten Richtungen; Richtungsfehler im Netz, wie er aus Dreiecks- und Polygonschlüssen zu berechnen ist) „auf ein Minimum herunterbringen zu wollen durch Benutzung eines besonders feinen Instruments, durch Häufung der Zahl der Wiederholungen bei Einstellung der Zielpunkte, durch Anwendung besonders feiner Hülfsmittel für die Signalisierung und die Zentrierung u. a. m.“ Es ist ganz unangebracht, daß man in neuern Stadttriangulierungen in der IV., selbst V. O. die Genauigkeit der III. O. der Landesaufnahme, die doch im allgemeinen die Grundlage bildet, übertreffen will; die „exorbitanten Genauigkeitsziffern“ für den Richtungs- und Punktfehler im Netz zeigen nur, daß überflüssig Geld ausgegeben worden ist. Nimmt man als äußerste, mit den gewöhnlich zur Verfügung stehenden Mitteln erreichbare Genauigkeit der (doppelten) Längenmessung der Hauptpolygonseiten nach den Erfahrungen der Stadtmessungen von Berlin, Bremen u. s. w. mit dem Verf. $^1/_{17000}$ an, wenn die hier genügende einfache Bruchform für die Genauigkeitsangabe gewählt wird, so hat es offenbar keinen Sinn, die Genauigkeit der Dreiecksseiten der Triangulierung IV. und V. O. weiter als auf $^1/_{50000}$ treiben zu wollen. Ja man wird die Genauigkeit von $^1/_{25000}$ der Dreiecksseiten III. O. der Landesaufnahme bereits als über das Erfordernis hinausgehend ansehen für eine Triangulierung als Grundlage von Zügen, in denen der Längenmessungsfehler nicht unter $^1/_{12000}$ sinkt. Nimmt man den mittlern Längenmessungsfehler der Seiten der Hauptzüge nur zu $^1/_{10000}$ (1 *cm* auf 100 *m*) oder gar nur zu $^1/_{7000}$ an, wie es für die hier besprochene Stettiner Stadtvermessung infolge schwieriger Geländeverhältnisse zutrifft, so sind mittlere Genauigkeiten von $^1/_{30000}$ oder $^1/_{20000}$ und auch noch viel weniger in den Seiten der letzten Triangulierungsstufe doch gewiß völlig ausreichend. *Hammer.*

Bericht über die astronomisch-geodätischen Beobachtungen der Expedition zur Festlegung der Grenze Yola-Tschadsee zwischen Nordwest-Kamerun und Northern Nigeria.

Von L. Ambronn. *Mitt. aus d. deutschen Schutzgebieten* **18.** *S. 59. 1905.*

Diese Abhandlung sei besonders deshalb hier angezeigt, weil sie ziemlich ausführlich auf das Instrumentarium der Expedition eingeht und einige Notizen darüber in dieser Zeitschrift willkommen sein werden; auch Bemerkungen über die Messungsmethoden finden sich, von denen unten einige mitgeteilt sind.

Die deutschen Kommissare der Grenzexpedition hatten folgende Aufgaben: Bestimmung der geographischen Koordinaten der Stadt Yola; Vermessung des Grenzbogens um Yola (der bekanntlich die Stadt und ihr 50 *km*-Gebiet aus Deutsch-Adamaua herausschneidet); Aufsuchung des Schnittpunkts des Parallels 10° n. Br. und des Meridians 13° östl. von Gr. auf „astronomischem“ oder geodätischem Wege, im Anschluß an die Triangulation um Yola; Weiterführung dieser Triangulierung bis zum Südufer des Tschadsees; „astronomische“ Bestimmung der Lage von Kuka oder eines andern zur Kontrolle der Triangulation geeigneten Orts (als der später Dikoa gewählt wurde); Prüfung der geodätischen Azimute von Dreiecksseiten durch direkt zu messende Azimute.

Die Ausrüstung der deutschen Kommission mit Instrumenten bestand aus 1. einem Durchgangsinstrument von Heyde in Dresden (gebrochenes Fernrohr mit 45 *mm* Öffnung und zwei Okularen mit 35- und 54-facher Vergrößerung; Achsenlibelle 1,9″ auf 1 Par. Lin.; die Fadenplatte bestand aus 19 Spinnfäden, die sich sehr gut gehalten haben, sodaß das Reservenetz mit Glasstrichen nicht gebraucht wurde); 2. einem Reiseuniversal von Tesdorpf in Stuttgart mit 15 *cm*-Kreisen, 1/6°-Teilung, durch je zwei Schraubenmikroskope auf 10″, durch Schätzung 1″ ablesbar; das gerade, exzentrische Fernrohr hat 36 *mm* Öffnung, 32 *cm* Brennweite und gibt mit zwei Okularen 22- und 32-fache Vergrößerung; Achsenlibelle 17″ (warum so wenig empfindlich, während das Instrument auch zu Azimutbestimmungen gebraucht werden sollte?), Höhenwinkellibelle 8,5″ auf 1 Par. Lin. Das Stativ war aus Eisen gefertigt mit Magnaliumplatte. Mit diesem Instrument wurden fast alle Polhöhen, ferner sämtliche Mondzenitdistanzen (für die Längen) und Azimute beobachtet; ferner waren vorhanden 3. zwei gleiche 5-zöllige Universale von Troughton & Simms in London; Kreise 14 *cm*, 1/6°-Teilung, zwei Schraubenmikroskope geben 10″; Achsenlibelle 10″, Höhenlibelle 5″; die Stative waren starke Holzstative! Diese zwei englischen „Instrumente sind viel benutzt worden, haben sich aber nicht besonders gehalten; Fäden alle verletzt“; zur direkten geographischen Ortsbestimmung sind sie bald nicht mehr gebraucht worden, vielmehr nur zu geodätischen Messungen; 4. ein kleines Reiseuniversal von Hildebrand in Freiberg mit bekannter Einrichtung; 5. drei Heliotrope von Fueß in Steglitz zur Signalisierung bei geodätischen Messungen; 6. neun Uhren (drei Box-Chronometer, ein englisches Halbchronometer, vier Taschenuhren von Lange in Glashütte, davon zwei nach Sternzeit, zwei nach mittlerer Zeit reguliert, eine Taschenuhr von Ludowig; dazu ferner drei Sekundenzähler); 7. Meßbänder von 20 *m* und 50 *m* Länge „sowie Vergleichslatten u. s. w.“; 8. magnetische Instrumente (Deviationsmagnetometer, „Kompasse“); 9. Zeichenutensilien.

Aus der Beobachtung und Berechnung der direkt bestimmten Breiten und Azimute sowie den Zeitbestimmungen ist anzuführen, daß bei der direkten Polhöhenbestimmung von Yola mit einem der Universale von Troughton & Simms aus drei Nordsternen 9° 11′ 54,2″, aus drei Südsternen 9° 12′ 7,2″ gefunden wurde; diese Zahlen weisen auf sehr starke Biegung des Fernrohrs hin. Das Mittel 9° 12′ 0,7″ hat den m. F. ± 2″ (der Verf. benutzt überall noch den w. F.).

Bei der Länge von Yola begründet der Verf. ausführlich die den deutschen Kommissaren erteilte Vorschrift, „soweit als möglich in erster Linie Mondkulminationen zu beobachten, sodann aber auch Mondhöhen und Bedeckungen von Sternen durch den Mond ihre Aufmerksamkeit zuzuwenden“; diese Anschauung von der größern Bedeutung der Mond-

kulminationen steht im Widerspruch mit den Erfahrungen anderer deutscher „Feld“-Astronomen (Kohlschütter, Hayn u. A.). Zuzugeben ist aber jedenfalls, daß brauchbare Beobachtung von Okkultationen Übung und ein starkes Fernrohr verlangt, womöglich auch mehrere Beobachter, daß ferner bei der Berechnung einer Sternbedeckung genaue Kenntnis auch der Deklination des Mondes, desgleichen des Mondhalbmessers und der Parallaxe erforderlich ist, während bei Benutzung der Mondkulminationen aus der AR des Mondes allein die Länge sich bestimmen läßt; die Mondhöhen kommen bei dem Verf. am schlechtesten weg (da sie „sich nur unter bestimmten Verhältnissen mit der hier nötigen Schärfe ausführen lassen“). Sie sind aber in letzter Zeit vielfach (z. B. gerade durch die schon angeführten Beobachter Hayn und Kohlschütter) durch *gleiche* Höhen des Mondrandes und eines benachbarten Sterns ersetzt worden, sodaß jedenfalls Feinheit der Teilung oder Teilungsfehler am Höhenkreis keine Rolle spielen; daß man für die Berechnung alle Elemente der Mondposition braucht, ist aber richtig.

Auf die genaue Diskussion und Kombination aller deutschen (und englischen) Bestimmungen der geographischen Länge von Yola sei hier noch besonders hingewiesen.

Hammer.

Zur Darstellung der Methoden der Prüfung und Berichtigung eines Kollimationsfehlers.

Von J. Adamczik. *Zeitschr. f. Vermess.* **34.** *S. 409. 1905.*

Diese didaktische Notiz macht auf den Widerspruch aufmerksam, der in den üblichen Darstellungsweisen der Wirkung eines Kollimationsfehlers dadurch entsteht, daß auch der Schnittpunkt der *unrichtig* liegenden Ziellinie (Verbindungslinie des festen „optischen Mittelpunkts“ des Objektivs mit dem nicht richtig liegenden Schnittpunkt der Fäden auf dem Diaphragma) mit der Kippachse stillschweigend als in die Verlängerung der Alhidaden-Drehungsachse fallend angesehen wird. Eine einfache Betrachtung zeigt aber die Unschädlichkeit jenes Widerspruchs, sodaß die Sache nicht von *praktischer* Bedeutung für die Instrumentenkunde ist. *Hammer.*

Über einen neuen verbesserten Chronographen.

Von R. L. Mond und M. Wildermann. *Zeitschr. f. phys. Chem.* **54.** *S. 294. 1906.*

Der von den Verf. konstruierte Chronograph, welcher von Sanger, Stepherd & Co., London, Gray's Inn Passage, Holborn, hergestellt wird, soll namentlich bei physikalisch-chemischen, physikalischen, physiologischen und meteorologischen Untersuchungen Verwendung finden. Er entstand aus dem Bedürfnis der Verf. nach einem Chronographen, der die Zeit bis auf 0,1 Sekunde messen ließe. In der Astronomie verlangt man bekanntlich von einem Chronographen eine bedeutend höhere Genauigkeit, allerdings läßt man hier jede volle oder wenigstens jede zweite Sekunde durch eine vom Chronographen unabhängige Uhr eine Zeitmarke bewirken, während die Verf. eine solche nur jede halbe oder ganze Minute, und zwar durch das Uhrwerk des Chronographen selbst, geben lassen. Bei Prüfung eines der besten von ihnen beschafften Apparate, der einen rotierenden Zylinder von 60 *cm* Umfang besaß, sei weder die Umlaufszeit dieses Zylinders konstant gleich einer Minute noch das zwischen zwei Zeitsignalen liegende Zeitintervall immer von gleicher Dauer gewesen. Es habe sich die Unregelmäßigkeit sogar nicht einmal als periodisch herausgestellt und daher sich auch nicht noch nachträglich durch Rechnung unschädlich machen lassen.

Da es schon schwer genug sei, eine genau zylindrische Oberfläche, noch viel schwerer aber einen Hohlzylinder von durchaus gleichmäßiger Wandstärke herzustellen, so befinde sich die rotierende Trommel eines Chronographen nur sehr selten in vollkommenem Gleichgewicht, laufe daher unregelmäßig und mute dem Uhrwerk bald größere, bald geringere Arbeit zu, weshalb auch dieses einen mangelhaften, durch den Regulator nicht ganz auszugleichenden Gang zeige.

Auf Grund dieser Erwägungen verfolgten die Verf. bei der Konstruktion ihres Chronographen das Prinzip, nicht die schweren, sondern die leichten Teile durch das Uhrwerk zu bewegen, also nicht, wie sonst stets, die schwere Trommel, sondern die leichte Schreibfeder. Bei dem zuerst ausgeführten Modell liegt die Trommel horizontal; zwischen ihr und dem Uhrwerk, genau in der verlängerten Trommelachse, befindet sich eine durch das Uhrwerk in Umdrehung versetzte horizontale Spindel, mit welcher der Schreibhebel fest verbunden ist. Nach dem Uhrwerk zu ruht die Spindel auf zwei Friktionsrollen, auf der Trommelseite liegt sie mit einer ihrer Schraubenwindungen in der einzigen Windung einer an der Trommel befestigten halben Mutter und erfährt infolgedessen bei ihrer Umdrehung eine seitliche Verschiebung, sodaß die Schreibfeder, welche aus dem Tintenbehälter durch ein Haarröhrchen ihre Tinte erhält, auf dem die Trommel umgebenden Papier eine Spirale beschreibt. Die Schreibvorrichtung muß gut ausbalanciert sein.

Bei der zweiten Ausführung des Apparates stellten die Verf. die Trommel senkrecht, was zweifellos viel vorteilhafter ist, da die Schreibfeder beim Herumgehen um die Trommel dann viel eher den gleichen Druck auf das Papier ausüben wird als bei horizontaler Trommel, wo sie bald von oben, bald von der Seite, bald von unten aus schreiben muß. In der Tat hat das zweite Modell nach Angabe der Verf. bessere Resultate ergeben. Die Spindel steht in diesem Falle natürlich ebenfalls senkrecht.

Die Zeitsignale und die entweder von einem Beobachter nach Willkür oder von einem Apparat (Anemometer u. dgl.) automatisch hervorgebrachten Beobachtungsmarken sind als Auszackungen derselben geraden Linie dadurch unterscheidbar, daß die letzteren, weil durch einen stärkeren Strom hervorgerufen, größer sind als die ersteren. Wenn erwünscht, könnte natürlich zur Registrierung der Zeitsignale wie der Beobachtungsmarken je eine besondere Feder dienen. *Kn.*

Volumänderung beim Schmelzen.

Von A. Hess. *Verhandl. d. Deutsch. Physikal. Gesellsch.* 7. *S. 403. 1905.*

Verf. benutzt zu seinen Versuchen die hydrostatische Methode. Die eine Schale einer gleicharmigen Wage war durch einen Blechrahmen ersetzt, welcher durch Vermittelung eines den Wagekasten durchsetzenden Glas- oder Hartgummistabes an vier feinen Drähten einen kleinen Glasbecher mit der zu untersuchenden Substanz trug. Dieser Becher tauchte in einen zweiten mit der Badflüssigkeit (Wasser, Paraffinöl, Salpeter) gefüllten Glasbecher ein, welcher seinerseits in einem elektrischen Ofen mit Millimeterabstand von den Wänden frei aufgehängt war.

Die vier Aufhängedrähte des kleinen Glasbechers sind gleichzeitig als Thermoelemente verwendet. Die Lötstelle des einen Paares endigt innerhalb des Bechers, läßt also die Temperatur des Schmelzkörpers erkennen; die Lötstelle des anderen Paares befindet sich seitlich außerhalb des Bechers und dient zur Bestimmung der Badtemperatur. Die beiden anderen Lötstellen der Thermoelemente werden auf der Temperatur des schmelzenden Eises gehalten. Jede Leitung führt zu einem besonderen Galvanometer.

Die Bestimmung des variablen Auftriebs des mit der zu untersuchenden Substanz gefüllten Glasbechers geschieht nicht durch jedesmaliges Austarieren. Vielmehr dient als Maß des Auftriebs die wechselnde Neigung des Wagebalkens, welche in einem aufgesetzten Spiegel erheblich vergrößert erscheint. Die größere oder kleinere Empfindlichkeit des Systems wird durch Höher- oder Tieferstellen eines Laufgewichtes, das auf der Zunge der Wage verschiebbar ist, erreicht.

Die Neigungsänderung des Wagebalkens wird im Spiegel nicht direkt, sondern mit Hülfe einer photographischen Registrierung verfolgt. Zu diesem Zwecke befindet sich in einiger Entfernung vom Spiegel eine mit lichtempfindlichem Papier bespannte rotierende Trommel, welche den von einer Glühlampe ausgehenden und im Spiegel reflektierten Lichtstrahl aufnimmt. Derselbe Lichtstrahl, in einem festen Spiegel reflektiert, zeichnet auf dem lichtempfindlichen Papier eine Null-Linie auf.

Synchron mit der ebengenannten läuft eine zweite, gleichfalls mit lichtempfindlichem Papier bespannte Trommel, auf welche die Bewegungen der Galvanometerspiegel in ähnlicher Weise wie die Schwankungen des Wagebalkens registriert werden. Eine Umschaltungsvorrichtung erlaubt, die Thermoelemente in der zu untersuchenden Substanz und im Flüssigkeitsbade durch zwei andere Elemente zu ersetzen, welche sich in einem kleinen Ölbade mit Rührwerk zusammen mit einem Thermometer befinden. Dadurch wird es möglich, die Registrierungen auf der Galvanometertrommel in beliebigen Intervallen zu eichen.

In der vorher skizzierten Weise diente die Apparatur dazu, das Verhalten der zu untersuchenden Körper in der Nähe der Schmelztemperatur zu studieren, insbesondere aber die Volumenänderung beim Schmelzen zu bestimmen. Andererseits war es wichtig, die Dichteänderung derjenigen Flüssigkeiten zu ermitteln, welche als Badflüssigkeiten verwendet wurden. Das geschah in der Weise, daß das Glasbecherchen durch einen Glasstab von bekanntem kubischen Ausdehnungskoeffizienten ersetzt und nun wie vorher mit dem Becherchen verfahren wurde. Endlich konnte in derselben Anordnung mit durch Entfernung des Laufgewichts sehr empfindlich gemachter Wage das Gewicht des zu untersuchenden Körpers sowie sein Gewichtsverlust im Wasser bestimmt werden.

Auf die Untersuchungen im einzelnen einzugehen, ist an dieser Stelle nicht angängig. Es sei nur erwähnt, daß Verf. im Wasserbade Phosphor, Amidodiphenyl und Stearinsäure untersuchte, ferner im Bade von Paraffinöl Zinn und Wismut, endlich Blei und Zink im Salpeterbade. Von den beiden letztgenannten Körpern werden Resultate nicht mitgeteilt. Für die übrigen Substanzen ergab sich die Volumänderung *dv* beim Schmelzen in Prozenten des Gesamtvolumens, wie folgt:

Substanz	Schmelzpunkt	*dv*
Phosphor	44,5°	3,4 %
Amidodiphenyl	44°—46°	6 „
Stearinsäure	?	6,8 „
Zinn	227°	2,6 „
Wismut	268°	— 3,5 „

Schl.

Ein Gaskalorimeter.

Von C. V. Boys. *Proc. of the Royal Society A* **77.** *S. 122. 1906; Nature* **73.** *S. 354. 1906.*

In der Londoner Gas-Akte von 1905 ist die Prüfung des Leuchtgases auf seinen Wärmewert vorgeschrieben. Den Gasreferenten, zu denen auch Boys gehört, lag deshalb die Pflicht ob, ein für amtliche Prüfungen geeignetes Kalorimeter ausfindig zu machen.

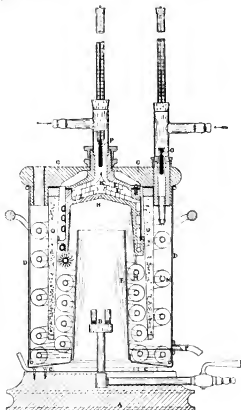
Das für diese Zwecke bestimmte und weiterhin beschriebene Instrument soll eine Verbesserung des bekannten Junkersschen Kalorimeters[1]) darstellen, dessen Urbild Boys in dem zuerst von F. W. Hartley konstruierten Gaskalorimeter findet. Letzteres ist in dem schwer zugänglichen Bericht der Gasabteilung der elektrischen und Gas-Ausstellung beschrieben worden, die 1884 im Londoner Kristallpalast stattfand.

Bezüglich der Genauigkeit hat Boys an dem Junkersschen Kalorimeter nichts auszusetzen, aber er findet es aus folgenden Gründen im Gebrauch umständlich und unbequem. Die Thermometer, welche die Temperatur des zufließenden und des abfließenden Wassers angeben, sind nicht im gleichen Niveau, und das Instrument ist von ungewöhnlicher Höhe, sodaß, wenn es auf dem Tisch oder zur Seite eines gewöhnlichen Ausgusses steht, der Beobachter auf- und niederklettern muß, um die beiden Thermometer abzulesen und Notizen zu machen. Die dem Junkersschen Kalorimeter beigegebenen Thermometer und Ableseglâser finden des Verf. uneingeschränktes Lob, aber er bemerkt, daß die bei der Ablesung leicht erreichbare Genauigkeit von 0,01° C. durch die hüpfenden Bewegungen in den Angaben

[1]) Vgl. *diese Zeitschr.* **15.** *S. 334 u. 408. 1895*; wegen der Patente *ebenda S. 230 u. 271.*

des Auslaßthermometers hinfällig werden, da diese Unregelmäßigkeiten ± 0,1° betragen können. Der Wasserinhalt des Instruments ist 1700 *ccm*, und es dauert bei der üblichen Durchflußgeschwindigkeit 2 bis 3 Minuten, ehe das Wasser erneuert ist. Da aber während dieser Zeit die Temperatur des zufließenden Wassers sich ändern kann, so gibt die gleichzeitige Ablesung beider Thermometer nicht immer den wahren Anstieg der Temperatur an. Um diesen Fehler zu vermeiden, müßte das Einlaßthermometer 2 bis 3 Minuten früher als das Auslaßthermometer abgelesen werden. Eine weitere Folge der größeren Wassermenge ist, daß der Beobachter eine längere Zeit warten muß, bis die Endtemperatur erreicht ist, da der letzte Anstieg sehr langsam vor sich geht.

Verf. hat nun auch noch mit zwei andern Formen von Gaskalorimetern Versuche angestellt, fand aber, daß sie nichts weiter als Kopien des Junkersschen Instruments waren. Die bisher konstruierten Kalorimeter haben ferner den Nachteil, daß sie zugelötet sind, sodaß es unmöglich ist nachzusehen, wie sie innen beschaffen und ob sie gemäß den Vorschriften angefertigt sind, bezw. ob sie sich durch den Gebrauch geändert haben.



Das nachstehend abgebildete Kalorimeter ist von den oben geschilderten Nachteilen frei und hat den besonderen Vorzug, daß es in wenigen Minuten auseinandergenommen und in all seinen einzelnen Teilen untersucht werden kann.

An Stelle des Bunsenbrenners werden in diesem Apparat zwei kleine *Union-jet*-Brenner Nr. 3 *B* (vgl. die Figur) zur Verbrennung des Gases verwendet. Die heißen Gase steigen in die Glocke *H* und gehen dann abwärts durch die Windungen des innern Spiralrohrs *M*, das sich außen um den Schornstein *E* legt. Das innere Spiralrohr *M* sowie das äußere *N* sind aus dem bekannten, von Clarkson erfundenen Radiatorrohr gemacht worden, wie es in Motorwagen verwendet wird (vgl. den in der Figur angedeuteten Querschnitt). Das durchfließende Wasser tritt in das innere Spiralrohr durch den Ansatz bei *O* ein, durchströmt dieses und kommt dann in den Raum oberhalb der Glocke *H*, wo es zwischen zwei schalenförmigen Platten zirkuliert, um dann bei dem Rohr *P* auszutreten. Die beiden untern Windungen des Clarkson-Rohres sind von Kondenswasser umgeben, das einen Abfluß bei *F* hat, der nach jeder Richtung gedreht werden kann. Dieses Wasserbad dient dazu, den Schornstein kühl genug zu halten, damit er nicht verbrennt, aber nicht so kühl, daß sich Wasser auf der innern Oberfläche kondensiert. Infolge dieser Konstruktion gehen die Verbrennungsgase sehr langsam durch das Instrument und finden dabei wenig Widerstand. Das Instrument selbst (ohne Thermometer) braucht nur etwa 30 *cm* hoch zu sein. Der Umlauf des Wassers durch das Instrument erfolgt in allen Teilen in genau gleicher Folge und verhindert dadurch die Bildung von Streifen von wärmerem Wasser und folglich auch die sprungweisen Änderungen in den Angaben des Auslaßthermometers. Die etwa ver-

bleibenden kleinen Temperaturunterschiede werden in der Kammer oberhalb der Glocke *H* vollständig ausgeglichen: selbst bei einem Temperaturanstieg von 23° überschreiten die Veränderungen in den Angaben des Auslaßthermometers nicht 0,02 bis 0,03 Grad.

Fünf Minuten, nachdem das Gas angesteckt ist, hat das Thermometer am Auslaß bis auf 6% seinen endgültigen Stand erreicht, in 10 Minuten bis auf 2,2% und in 15 Minuten bis auf weniger als 0,5%.

Das Instrument wird von Griffin & Sons in London, Sardinia Street, angefertigt.

Ref. kann sich ein Urteil über die Genauigkeit, mit welcher der Apparat arbeitet, nicht gestatten, möchte es aber dahingestellt lassen, ob der beanspruchte Vorteil der Zerlegbarkeit des Instruments nicht auch Nachteile mit sich bringen kann, wie z. B. dadurch, daß der Apparat durch öfteres Auseinandernehmen undicht wird und Wasser durchläßt.

Wb.

Untersuchungen zur geometrischen Optik.

Von K. Schwarzschild. *Abhandl. d. Gesellsch. d. Wiss. zu Göttingen. Math.-phys. Klasse. Neue Folge. Bd. IV. Nr. 1—3. 4°. 31, 28 u. 53 S. m. 6, 9 u. 10 Fig. Berlin 1905. 8 M.*

Die erste Abhandlung dient als Einleitung in die Fehlertheorie der optischen Instrumente auf Grund des Eikonalbegriffs. Bekanntlich läßt sich die Wirkung eines solchen Instruments, wie zuerst von Hamilton gezeigt wurde, durch eine Funktion charakterisieren, die die optische Weglänge zwischen den Punkten je einer Ebene im ersten und einer Ebene im letzten Medium in ihrer Abhängigkeit von den Koordinaten in diesen Ebenen darstellt. Die mathematische Fassung, die man bisher dieser Funktion gegeben hat, ließ sie besonders geeignet erscheinen, um die von der Wahl spezieller Systeme unabhängigen Eigenschaften der optischen Instrumente zu finden. Dieser Weg wurde besonders von Bruns, der seine Fassung als Eikonal bezeichnete, mit Erfolg beschritten. Verf. zeigt nun, daß sich auch der praktisch rechnende Optiker nicht vor dem Eikonal als etwas Hochtheoretischem zu fürchten braucht, daß man von dem Eikonalbegriff aus vielmehr sehr bequem gerade zu den praktisch wichtigsten Formeln, insbesondere zu den Seidelschen Ausdrücken für die Fehler dritter Ordnung gelangt.

Da das oben definierte Eikonal für zwei konjugierte Punkte singulär wird, so wird zunächst das Winkeleikonal eingeführt, das die optische Weglänge zwischen den Fußpunkten der Normalen, die man von zwei Achsenpunkten auf Anfangs- und Endstrahl fällt, als Funktion von vier Variabeln darstellt. Diese Variabeln werden durch neue ersetzt, die bei der Brechung eines Strahls durch ein optisches System konstant sind, falls man sich mit der Näherung der Gaußschen Abbildungstheorie begnügt. Dadurch und durch Zufügung gewisser Terme erhält man aus dem Winkeleikonal das Seidelsche Eikonal, vom Verf. so genannt, weil Seidel bereits so beschaffene Variable für die Ableitung seiner Fehlerausdrücke benutzte.

Mit Hilfe gewisser Reziprozitätssätze, die in Beziehung zu Sätzen von Straubel zu stehen scheinen, wird nun die Sinusbedingung abgeleitet. Dann wird die Zahl und Art der Bildfehler dritter und fünfter Ordnung untersucht. Die Bildfehler werden durch Aberrationskurven charakterisiert, die die Strahlen eines vom Objektpunkt ausgehenden und die Austrittspupille zentrisch durchsetzenden Kegelmantels in der Bildebene ausschneiden. Die numerischen Größen der Fehler für ein Gesichtsfeld von 6° und ein Öffnungsverhältnis von 1 : 10 werden als Streuungen eingeführt. Für die Fehler dritter Ordnung wird noch der Einfluß der Blendenstellung untersucht. Die Zahl der Fehler fünfter Ordnung wird mit 9 bestimmt, abweichend von Petzval, der 12 angegeben und also gewisse Relationen zwischen den Koeffizienten übersehen hat. Es sind sphärische Aberration und Koma zweiter Stufe, seitliche sphärische Aberration, Koma, Bildwölbung im Sagittal- und Tangentialschnitt und Verzeichnung, Flügelfehler und Pfeilfehler. Der Zusatz „zweiter Stufe“ bei zwei Fehlern bezw. „seitlich“ bei fünf Fehlern besagt, daß es sich um ein Zonenglied in bezug auf die Öffnung bezw. das Gesichtsfeld handelt. Die Aberrationskurven des Flügelfehlers sind 8-förmige Kurven, die des Pfeilfehlers kurze, einseitig vom Bildpunkt sich erstreckende Striche.

Es wird nun zur Ableitung von Ausdrücken geschritten, die zur Berechnung der Fehler aus den Bestimmungsstücken des Systems dienen können. Die vorbereitenden Sätze über die Zusammensetzung mehrerer optischer Systeme werden noch für die Fehler fünfter Ordnung mit abgeleitet, die Rechenformeln jedoch nur für die dritter Ordnung. Die Eleganz der Ableitung deutet darauf hin, daß auch die Formeln für die Fehler fünfter Ordnung auf diesem Wege nicht allzu kompliziert ausfallen dürften.

Die zweite Abhandlung betrifft die Theorie der Spiegelteleskope. Es ist in neuerer Zeit namentlich von Amerikanern versucht worden, diese Instrumente für die Aufgaben der Astrophotographie nutzbar zu machen; die Farbenreinheit der Bilder und die Billigkeit der Herstellung waren dabei ausschlaggebende Momente. Der Hauptnachteil ist bisher noch das kleine Gesichtsfeld; dem sucht nun Verf. abzuhelfen. Er gibt zunächst vom Eikonal ausgehend die Ausdrücke für die Fehler dritter Ordnung eines Systems von zwei Spiegeln, die in der Gestalt von nichtsphärischen Rotationsflächen mit Vernachlässigung von Gliedern von höherer als sechster Ordnung angesetzt werden. Die Anwendung der Formeln ergab, daß der Gedanke an ein völlig fehlerfreies System aufgegeben werden mußte, wenn man die genau untersuchten gegenseitigen Verdeckungen von den beiden Spiegeln und der photographischen Platte genügend klein halten wollte. Das als das beste ermittelte System gehört dem Cassegrain-Typus an, die Platte steht zwischen den beiden Spiegeln. Das System ist frei von sphärischer Aberration und Koma, nahezu frei von Bildwölbung und besitzt nur mäßigen Astigmatismus. Bei einem Öffnungsverhältnis von 1:3,5 hat es etwa dasselbe brauchbare Gesichtsfeld wie die Normalrefraktoren mit 1:10.

Während diese Berechnung auf Näherungsformeln beruhte, geht Verf. nun dazu über, die Deformationen von beiden Spiegeln so zu bestimmen, daß das System streng aplanatisch im Sinne Abbes ist, daß also zonenfrei sowohl die sphärische Aberration in der Achse aufgehoben als auch die Sinusbedingung erfüllt ist. Die erste Bedingung wird so angesetzt, daß die optische Weglänge aller Strahlen vom Objektpunkte bis zum Bildpunkte dieselbe ist. Aus der Kombination der beiden Bedingungsgleichungen ergibt sich für den Meridianschnitt des Fangspiegels eine Differentialgleichung erster Ordnung in Polarkoordinaten, die sich integrieren läßt, worauf dann auch für den Hauptspiegel die Gleichung, und zwar in rechtwinkligen Koordinaten, abgeleitet wird. Es werden nun nach diesen strengen Formeln für das mit den Näherungsformeln als brauchbar erkannte System die Spiegelformen bestimmt. Es ergibt sich, daß bis zu einem Öffnungsverhältnis von 1:3 die Spiegelflächen praktisch durch Ellipsoide bezw. Hyperboloide ersetzt werden können, auch darüber hinaus bis zu einem Öffnungsverhältnis von 1:1,4 bleiben die Abweichungen von den Flächen zweiten Grades auf wenige hundertel Millimeter beschränkt.

Die dritte Abhandlung befaßt sich mit den astrophotographischen Objektiven. Vorausgeschickt ist in der Näherung der Gaußschen Abbildung eine allgemeine Theorie der Farbenfehler, die an die Seidelsche Behandlung dieser Aufgabe anknüpft. Hervorzuheben sind die folgenden beiden Sätze. Aus *einer* Glassorte können nie achromatische Objektive, die ein reelles Bild hinter dem System geben, sondern nur Okulare mit virtuellem Bild hergestellt werden. Bei Beschränkung auf alte Glasarten (solche, bei denen die relative partielle Dispersion durch eine bestimmte lineare Formel aus dem ν-Wert berechnet wird) verhält sich das sekundäre Spektrum eines Systems mit endlichen Dicken und Abständen zu dem eines dünnen Systems wie die Brennweite, vermindert um ein Viertel des Abstandes der ersten und letzten Fläche, zur Brennweite; das sekundäre Spektrum eines dünnen Systems hat in diesem Falle bekanntlich einen festen Wert. Der letzte Satz hat für dioptrische Systeme die praktische Bedeutung, daß die Hebung des sekundären Spektrums nur mit neuen Glasarten möglich ist.

Auf Grund der Näherungsformeln für die Fehler dritter Ordnung folgt nun eine analytische Behandlung der Objektivtypen bis zum fertigen Rechenschema mit numerischer Anwendung; besonderer Wert wird auf schwache Krümmungen gelegt, da anzunehmen ist, daß dies im allgemeinen kleine Beträge der Fehler fünfter Ordnung begünstigt. Die astro-

photographischen Objektive eignen sich für diese Behandlung besonders, weil nur ein mäßig großes Gesichtsfeld verlangt wird, und weil sowohl dicke als verkittete Linsen ausgeschlossen werden können. Nach einleitender Diskussion der einfachen dünnen Linse und des gewöhnlichen Fernrobrobjektivs wird zunächst die Berechnung eines Systems aus zwei dünnen Linsenpaaren in endlichem Abstand (als Beispiele sind das Petzvalsche Porträtobjektiv und der Apinnat gewählt) und eines Systems aus drei dünnen Linsen in endlichem Abstand durchgeführt, ohne die Petzvalsche Bedingung zu erfüllen. Dann wird auch diese berücksichtigt; beim vierlinsigen System erhalten so Vorder- und Hinterglied entgegengesetzte Brennweiten wie beim Petzvalschen Landschaftsobjektiv. Es sei noch bemerkt, daß die dreilinsigen Systeme den von Taylor angegebenen photographischen Objektiven verwandt sind.

Die Absicht des Verf. war offenbar, auf der Grundlage des Eikonalbegriffs zu untersuchen, wie weit die gesteigerten Bedürfnisse der Astrophotographie auf Befriedigung durch die praktische Optik rechnen können. Es mag hier der Wunsch ausgesprochen werden, daß die Vertreter der Wissenschaft mit ihren Methoden öfter die von ihnen der praktischen Optik gestellten Aufgaben in so gründlicher und umfassender Weise behandeln möchten.

Wegen der zitierten Autoren sei auf die zweite Auflage der „Theorie der optischen Instrumente" von Czapski verwiesen. *A. K.*

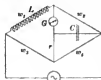
Induktanzmessungen nach der Andersonschen Methode.

Von E. B. Rosa und F. W. Grover. *Bull. of the Bureau of Standards* **3.** *S. 291. 1905.*

Die Andersonsche Methode (*Phil. Mag.* **31.** *S. 329. 1891*) ist eine Abänderung der Maxwellschen Methode zum Vergleich von einer Selbstinduktion mit einer Kapazität (vgl. *diese Zeitschr.* **24.** *S. 307. 1904*). Die Gleichungen für den Strom Null in der Brücke lauten (vgl. die Figur)

$$w_1 : w_2 = w_3 : w_4 \quad \text{und} \quad L = C[r(w_1 + w_2) + w_2 w_3].$$

Ist r gleich Null, so wird aus der Andersonschen Methode die Maxwellsche. Vertauscht man in der Andersonschen Anordnung Stromerzeuger und Brückenzweig miteinander, so erhält man eine Verzweigung, die von Stroud und Oatis benutzt worden ist. Die Gleichgewichtsbedingung für die Brücke wird dadurch selbstverständlich nicht verändert.



Der Vorteil der Andersonschen Methode besteht wesentlich darin, daß man nach Abgleichung der Brückenzweige mit Gleichstrom (Bedingung $w_1 : w_2 = w_3 : w_4$) die Gleichstromquelle durch eine Wechselstromquelle ersetzt und nun lediglich durch Regulieren in r das Gleichgewicht wieder herstellt. Als Stromquelle wurde eine Wechselstrommaschine benutzt, deren Tourenzahl nach einer schon früher beschriebenen Methode konstant gehalten werden konnte (vgl. *diese Zeitschr.* **26.** *S. 65. 1906*), als Stromindikator ein Vibrationsgalvanometer von Rubens. Die Frequenz lag zwischen 100 und 200. Es wurden stets zwei Einstellungen gemacht, nachdem die Widerstände w_3 und w_4 durch einen Kommutator miteinander vertauscht waren.

Die Verf. erörtern eingehend die Fehler, die dadurch zustande kommen können, daß die Widerstände der vier Zweige der Brückenanordnung nicht induktions- und kapazitätsfrei sind. Macht man w_1, w_2, w_3, w_4 einander gleich, so fallen die Fehler, die von w_3 und w_4 herrühren, durch das Kommutieren heraus, die von w_1 und w_2 nicht ohne weiteres, weil w_1 die zu messende Selbstinduktion enthält und infolgedessen aus ganz anders gearteten Rollen zusammengesetzt ist als w_2. Immerhin bleibt der Fehler für gut gewickelte Widerstände sehr klein. Ebenso wird der Fehler erörtert, der davon herrührt, daß ein Kondensator Absorption oder einen endlichen Isolationswiderstand besitzt. Hat ein Kondensator Absorption, so verhält er sich ebenso, als ob ihm ein Widerstand vorgeschaltet ist; besitzt er einen endlichen Isolationswiderstand, so hat man den Betrag desselben als parallel geschaltet zum Kondensator in Rechnung zu setzen.

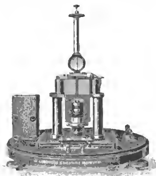
Die durch diese Fehlerquellen entstehenden Abweichungen werden berechnet, und die gewonnenen Formeln werden durch künstlich hinzugefügte Fehler (z. B. kleine Selbstinduktionen in den Zweigen w_1 bis w_4) auf ihre Richtigkeit geprüft.

Es wird eine große Zahl von Messungen mitgeteilt, die an einzelnen Rollen oder an hinter einander geschalteten Rollen vorgenommen wurden. Der Vergleich der letzteren Messungen mit der Summe aus den Resultaten der Einzelmessungen gibt einen Anhaltspunkt über die erreichte Genauigkeit. Die so berechneten Zahlen weichen von den direkt beobachteten um weniger als $^1/_{10000}$ ab. Diese Differenz wird wahrscheinlich noch geringer werden, wenn die Größe der Stromstärke, mit der gemessen wurde, berücksichtigt wird; wie sich nämlich später herausstellte, ist der Wert der auf Serpentin gewickelten Rollen etwas von der Stromstärke, mit der gemessen wird, abhängig (vgl. das Referat in *dieser Zeitschr.* **26.** *S. 169. 1906*). Dieser Einfluß ist aber bei den Resultaten der vorliegenden Arbeit noch nicht berücksichtigt. *E. O.*

Das Thermogalvanometer von Duddell.

The Electrician **56.** *S. 559. 1906.*

In *dieser Zeitschr.* **25.** *S. 27. 1905* wurde das Prinzip des Thermogalvanometers von Duddell bereits beschrieben; es besteht aus einem kleinen Thermoelement, das zwischen den Polen eines Magnetes aufgehängt ist; eine Lötstelle wird durch einen Widerstand erwärmt, der von dem zu messenden Strom durchflossen wird. Die Figur zeigt den Apparat, wie er von der *Cambridge Scientific Instrument Co.* in Cambridge, England, hergestellt wird. Die links stehende starke Metallplatte wird über die Schrauben, die neben den oberen Enden der Säulen sichtbar sind, geschoben und dient dazu, das Thermogalvanometer vor Wärmestörungen von außen zu schützen. Die Heizwiderstände sind auswechselbar und können durch die unten zwischen den Säulen sichtbare Rändelschraube mehr oder weniger an die Lötstelle des Thermoelementes herangebracht werden, wodurch man die Empfindlichkeit regulieren kann. *E. O.*



Neu erschienene Bücher.

P. Duhem, *Les sources des Théories physiques. Les origines de la Statique.* Bd. I. gr. 8°. 360 S. m. 93 Fig. Paris, A. Hermann 1905. 8 M.

Ein Buch, welches wertvolle Beiträge und Ergänzungen zur Geschichte der Mechanik, insbesondere der Statik bringt. Dies lassen schon die Überschriften der Kapitel erwarten, die hier gekürzt folgen: 1. Aristoteles und Archimedes, 2. Leonardo da Vinci, 3. Cardano, 4. Die Unmöglichkeit des *perpetuum mobile*, 5. Die Alexandrinischen Quellen der Statik, 6. Die Statik des Mittelalters, 7. Die Schule des Jordanus, 8. Leonardo da Vinci, 9. Die Schule des Jordanus im XVI. Jahrhundert, 10. Die Reaktion gegen Jordanus, 11. Galilei, 12. Stevin, 13. Die französische Statik; Roberval, 14. Die französische Statik; Descartes. Nun folgen noch Noten vorwiegend antiquarischen und bibliographischen Inhalts.

Der durch seine Leistungen in der theoretischen Physik und physikalischen Chemie berühmte Verf. führt in diesem Buche den auch schon von E. Wohlwill vertretenen Gedanken aus, daß die moderne wissenschaftliche Kultur viel inniger mit der antiken zusammenhängt,

als man gewöhnlich annimmt. Die wissenschaftlichen Gedanken der Renaissance seien durch eine sehr langsame Entwicklung in unscheinbaren kleinen Schritten aus jenen des griechischen Altertums, namentlich der Aristotelischen und der Alexandrinischen Schule hervorgegangen. Eine Urzeugung existiere auch auf dem Gebiet des Geistes nicht. Es sei vor allem betont, daß Duhems Buch eine Fülle von anregenden, belehrenden und aufklärenden Einzelheiten, auf engem Raum zusammengedrängt, bietet, zu deren Kenntnis man sonst nur durch das mühsame Studium alter Druckschriften und Manuskripte gelangen kann. Zu diesem Studium gehört aber eine bibliographische, philologische und paläographische Schulung, die nicht jedermanns Sache ist. Dadurch allein ist das Buch schon eine wundervolle und fruchtbringende Lektüre.

Gehen wir gleich auf den Hauptpunkt der Duhemschen Arbeit ein! Duhem schreibt dem Jordanus de Nemore, einem Schriftsteller des XIII. Jahrhunderts, als Vermittler und Förderer antiker Wissenschaft sowie einem späteren, unbekannten Bearbeiter des *„Liber Jordani de ratione ponderis“*, den er als „Vorläufer des Leonardo da Vinci“ bezeichnet, einen mächtigen Einfluß auf Leonardo, Cardano und Benedetti zu. Die wichtigsten Korrekturen an *„Jordani opusculum de ponderositate“*, die Tartaglia für seine eigenen ausgab, und die er auch in *„Quesiti et inventioni diverse“* verwendet, ohne Jordanus oder einen Bearbeiter von dessen Schriften zu nennen, sind nämlich schon enthalten in einem Manuskript *„Liber Jordani de ratione ponderis“*, welches Duhem in der Nationalbibliothek zu Paris aufgefunden hat (*fond latin N 7378 A*). Dieser Fund drängt eben zur Annahme des anonymen „Vorläufers“. Auch die Manuskripte Leonardos, welche unzureichend verwahrt und vor unbefugter Benutzung nicht geschützt waren, haben trotz sehr verspäteter Publikation nach Duhem ihre Wirkung auf Cardano und Benedetti ausgeübt. Die bisher genannten Autoren beeinflußten nun in Italien besonders Galilei, in Holland Stevin. Ihre Wirkung pflanzte sich auf beiden Wegen nach Frankreich fort und äußerte sich dort in den Anregungen, die Roberval und Descartes empfingen. Hiernach wäre also die Kontinuität zwischen der antiken und modernen Statik niemals unterbrochen worden.

In bezug auf die vielen reizenden Einzelheiten, die Duhem ausgegraben hat, muß auf sein prächtiges Buch verwiesen werden, wo diese Funde auch durch zahlreiche Figuren erläutert werden. Gegen den Gedanken der Kontinuität der Kultur und namentlich gegen die Hochschätzung der griechischen Wissenschaft, insbesondere der griechischen Mathematik, wird wohl niemand etwas einzuwenden haben. Dagegen glaubt Schreiber dieser Zeilen — und er hofft darin Genossen zu finden — daß Duhem der fördernde Einfluß des Aristoteles und seiner Schule auf die moderne Naturforschung in einem zu günstigen Lichte erscheint. Hierüber aber mit dem gelehrten Verf. zu rechten, dem man vor allem für seine schöne Publikation zu größtem Danke verpflichtet ist, wäre hier nicht am Platze.

Wien, im Juli 1906. *E. Mach.*

M. d'Ocagne, *Le Calcul simplifié par les procédés mécaniques et graphiques. Histoire et description sommaire des instruments et machines à calculer, tables, abaques et monogrammes.* 2. Aufl. 8°. VIII, 228 S. m. 73 Abbildgn. Paris, Gauthier-Villars 1905. Geb. in Leinw. 4,50 M.

Diese zweite Auflage seines Werks über die mechanischen und graphischen Rechenhülfsmittel hat der Verf. völlig umgearbeitet und beträchtlich erweitert. Wie in der 1. Aufl. bleiben aber auch diesmal Integratoren (z. B. Planimeter, Instrumente zur Ermittelung von Trägheitsmomenten u. s. f., die Integrationsmaschine von Abdank-Abakanowicz und Coradi u. s. w.) sowie die Instrumente zur harmonischen Analyse außer Betracht.

Der Stoff ist in folgende Abschnitte zerlegt: arithmetische Instrumente; arithmetische Maschinen; logarithmische Instrumente und Maschinen; Zahlentafeln; graphische Rechnung; graphische Tafeln (Nomogramme), ohne daß man vielfach imstande wäre, ein Recheninstrument oder ein Rechnungsverfahren ganz bestimmt einer dieser Klassen zuzuweisen.

Unter den arithmetischen Instrumenten werden eine Anzahl von Additions- und Multiplikations-Apparaten aufgezählt, unter den zuletzt genannten die *„Napier-bones“* der Engländer,

ein Verfahren, das Napier 1617 in der *Rhabdologia* bekannt gemacht hat, das aber schon viel früher verwendet worden ist, später von Schott, Leupold u. A. abgeändert; eine vollständige Lösung derselben Aufgabe hat vor zwei Jahrzehnten Genaille in seinen *„réglettes“* geliefert, über die sich E. Lucas so anerkennend ausgesprochen hat; auch Instrumente wie der Arithmograph von Troncet (vgl. *diese Zeitschr.* **23.** *S. 372. 1903*) u. a., die die durch Vervielfältigung des Multiplikanden mit einer einzigen Multiplikatorzahl entstehenden Teilprodukte zusammenzuzählen gestatten, und zu denen auch der Erfinder der wirklichen Multiplikationsmaschine Bollée einen schönen Beitrag geliefert hat, werden aufgezählt.

Zu den wirklichen Rechen-*Maschinen* (2. Abschnitt) kann man zwar eigentlich auch die Rechenschieber stellen, so einfach hier die „Maschine“ ist; man versteht aber darunter gewöhnlich die Apparate zur mechanischen Ausführung von Additionen (und Subtraktionen), an deren Beginn die von Pascal (1642) ersonnene Einrichtung steht. Pascal, einer der tiefsten Denker, die Frankreich hervorgebracht hat, hat sich auch in zahlreichen praktischen Dingen versucht; „nirgends“, sagt der Verf., „hat sich sein erfinderischer Geist glänzender gezeigt als in dem Entwurf seiner Rechenmaschine“, die ziemlich eingehend beschrieben wird (die genauste Beschreibung ist die von Diderot in der *„Encyclopédie“* gegebene, die dann viel später auch in die Gesamt-Ausgabe der Werke Pascals aufgenommen worden ist). Dagegen sind die Tastenmaschinen, dabei auch die mit Druckeinrichtung versehenen, doch wohl zu kurz behandelt, z. B. ist die Einrichtung des amerikanischen Comptometers nicht einmal angedeutet (*S. 38*). An der Spitze der durch fortgesetzte Addition und durch Addition der Teilprodukte wirkenden „Multiplikations“-Maschinen steht, wie am Anfang der einfachen Additionsmaschinen, abermals ein glänzender Philosophenname: Leibniz. Die Idee seiner Rechenmaschine geht auf 1671 zurück; die endgültige Ausführung der beiden Modelle (von denen jedoch nur das ältere uns erhalten geblieben ist) stammt aber erst aus den Jahren 1694 und 1706. Die Leibnizsche Maschine ist zwar abgebildet, aber nicht näher beschrieben; es fällt auf, daß der Verf., bei seiner sonst sorgfältigen Literatursammlung, die sehr eingehende Untersuchung der Maschine durch W. Jordan nicht erwähnt, vgl. besonders *Zeitschr. f. Vermess.* **26.** *S. 289—315. 1897* und **27.** *S. 163—167. 1898*, sodann Handbuch der Vermessungskunde II. Bd., 6. Aufl. 1904. *S. 159—161*, aber bereits genau ebenso in 5. Aufl. 1897. *S. 142—143*; erwähnt sei auch, daß vor einigen Jahren A. Burkhardt in Glashütte, der bekannte Verfertiger von Rechenmaschinen im wesentlichen nach Thomasscher Einrichtung, die Leibnizsche Originalmaschine auseinandergenommen, gereinigt und untersucht hat, vgl. seinen Bericht in *Zeitschr. f. Vermess.* **26.** *S. 392—398. 1897.* Ich erwähne dies, weil nicht lange vorher Burkhardt auch das der geodätischen Sammlung der Technischen Hochschule Stuttgart gehörige Exemplar der Hahnschen Rechenmaschine wieder gangfähig gemacht hatte. Die Hahnsche Maschine, deren endgültige Konstruktion 1776 beendigt wurde (nicht 1774, wie d'Ocagne angibt), findet sich in Stuttgart noch in mehreren Exemplaren, meist von Hahns Sohn ausgeführt; es wäre auch auffallend, wenn nur die Technischen Hochschulen in Berlin und München noch Exemplare besitzen sollten (*S. 44*). Nebenbei bemerkt, war Pfarrer Hahn zur Zeit der Erfindung seiner Rechenmaschine nicht in Kornwestheim bei Ludwigsburg (*S. 43*), sondern noch in Echterdingen bei Stuttgart, vorher (1764 bis 1770) in Onstmettingen bei Ebingen in Württemberg; es darf dies in dieser Zeitschrift deshalb erwähnt werden, weil die in Ebingen befindlichen, ziemlich ausgedehnten feinmechanischen Betriebe (jetzt besonders Herstellung von Präzisionswagen u. dgl.; die Uhrenfabrikation, die Hahn ebenfalls einführte, hat dort längst ganz aufgehört; in Onstmettingen selbst sind nur noch zwei Betriebe) auf Hahn zurückgehen. Im Jahre 1897 ist ihm in Onstmettingen ein Denkmal gesetzt worden, und sein Relief ziert auch das Landesgewerbemuseum in Stuttgart.

Die Thomassche Rechenmaschine führte über Hahn und Müller hinaus; sie wird jetzt, mit vielen Verbesserungen versehen, besonders gut von Burkhardt in Glashütte, Sachsen, gebaut. Die Odhnersche Maschine in mehreren Ausführungen hat sich ebenfalls in den letzten Jahren große Verbreitung errungen, während man von der Seillingschen

leider nichts mehr hört. Für die eigentlichen *Multiplikations*-Maschinen (die neben den seither erwähnten, wesentlich als Additionsmaschinen wirkenden Apparaten neuerdings in den Vordergrund treten) hat der schon genannte Bollée eine sehr schöne Einrichtung angegeben; Steiger-Eglis Millionär wird nur kurz erwähnt. Die Differenzen-Maschinen von Babbage, Scheutz u. A. folgen, endlich beschließen die analytischen und algebraischen Maschinen, die jedoch meist nur aufgezählt sind, diesen Abschnitt.

Im 3. Abschnitt, logarithmische Instrumente und Maschinen, wird eine eingehende Geschichte des Rechenschiebers in all seinem Formenreichtum gegeben; am Schluß steht die Beschreibung der Torresschen Maschine zur Auflösung algebraischer Gleichungen.

Die Zahlentafeln zur Ausführung von Rechnungen (4. Abschnitt) sind nur ganz kurz behandelt, ebenso die graphischen Rechnungsarten (wobei graphisch-mechanische Einrichtungen, wie z. B. die von Reuschle zur Auflösung quadratischer und anderer Gleichungen noch nicht einmal genannt sind), dagegen ist, bei dem Verf. des umfassenden „*Traité de Nomographie*" und anderer Schriften über Nomogramme selbstverständlich, die Nomographie im 6. Abschnitt wieder ziemlich eingehend dargestellt.

Von zwei Anhängen gibt der erste eine Beschreibung der arithmetischen Maschine von Tschebyschew, der zweite enthält eine sehr hübsche, einfache schematische Darstellung der Wirkungsweise der Scheutzschen Differenzenmaschine von Oberstleutnant Bertrand.

Ein sorgfältiges Register erhöht den Wert des Werks als Nachschlagebuch; ferner sind in allen Teilen des Textes Literaturangaben in sehr großer Zahl gemacht, sodaß man auch über Dinge, die nur flüchtig gestreift werden, sich mittelbar Auskunft verschaffen kann.

Hammer.

H. Lamb, *Hydrodynamics.* 3. Aufl. roy. 8°. XIV, 634 S. Cambridge 1906. Geb. in Leinw. 20 M.

A. F. Holleman, Lehrbuch der Chemie. Autoris. deutsche Ausg. Lehrbuch der unorgan. Chemie f. Studierende an Universitäten u. techn. Hochschulen. 4., verb. Aufl. gr. 8°. XII, 451 S. m. Abbildgn. u. 2 Taf. Leipzig, Veit u. Co. 1906. Geb. in Leinw. 10 M.

E. James, *Théorie et pratique de l'Horlogerie.* 8°. VI. 288 S.

J. Mandl, Kurzgefaßtes Lehrbuch der Mathematik f. Ingenieure. gr. 8°. VIII, 327 S. m. 147 Fig., 346 Beispielen u. 1 Diagramm. Wien, Lehmann & Wentzel 1906. 9,50 M.

Lehrbuch der Navigation. Hrsg. vom Reichs-Marineamt. 2., umgearb. Aufl. 2 Bde. gr. 8°. Berlin, E. S. Mittler & Sohn 1906. 16,60 M.; geb. 19 M.

1. Terrestrische Navigation u. Anleitung zu gelegentlichen Vermessungen. XVIII, 448 S. m. 4 Taf., 162 Fig. im Text u. e. Anh., enth. 7 Tab. zur terrestr. Navigation. — 2. Astronomische Navigation u. Lehre v. den Gezeiten. XVIII, 448 S. m. 2 Taf., 179 Fig. im Text u. e. Anh., enth. 4 Tab. zur Berechng. der Monddistanzen.

Anleitung zu wissenschaftlichen Beobachtungen auf Reisen. In Einzel-Abhandlgn., verf. v. L. Ambronn, C. Apstein, P. Ascherson u. A. und hrsg. v. G. v. Neumayer. 3., völlig umgearb. u. verm. Aufl. in 2 Bdn., m. zahlreichen Holzschn., photograph. Abdrücken u. 2 lith. Taf. 2 Bde. 8°. Hannover, Gebr. Jänecke 1906. 49 M.; geb. in Leinw. 51 M.

1. Geographische Ortsbestimmung, Gelände-Aufnahme, Geologie, Erdbeben, Erdmagnetismus, Meteorologie, Meeresforschung u. Gezeitenkunde, Astronomie u. s. w. XXIV, 843 S. m. 2 lith. Taf. 25 M.; geb. 26 M. — 2. Landeskunde, Statistik, Heilkunde, Landwirtschaft, Pflanzengeographie, Linguistik, Zoologie, Ethnographie, das Mikroskop u. der photographische Apparat u. s. w. XV, 880 S. 24 M.; geb. 25 M.

J. H. Poynting u. J. J. Thomson, *Textbook of Physics. Vol. III: Heat.* 2. Aufl. gr. 8°. Mit Fig. London 1906. Geb. in Leinw. 15,50 M.

Vol. I: Properties of Matter. 3. Aufl. 256 S. m. Fig. 1905. Geb. in Leinw. 10,80 M. — *Vol. II: Sound.* 3. Aufl. 176 S. m. Fig. 1904. Geb. in Leinw. 8,80 M.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Kuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied, Dr. **H. Krüss**, Prof. Dr. **S. Czapski**.

Redaktion: Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XXVI. Jahrgang. **September 1906.** Neuntes Heft.

Ein neuer Apparat zur photographischen Registrierung und gleichzeitigen Skalenbeobachtung.

Von
Adolf Schmidt in Potsdam.

Das magnetische Observatorium zu Potsdam wird gegenwärtig durch eine etwa 13 Kilometer südlich davon am Nordufer des kleinen Seddiner Sees gelegene Hülfsstation erweitert, die sowohl zu fortlaufenden Registrierungen wie zu gelegentlichen Feinbeobachtungen (Aufzeichnungen mit hoher Empfindlichkeit und schneller Drehung der Trommel) dienen soll.

Die instrumentellen Einrichtungen dieser Station, die nach den Entwürfen des Verfassers von der Firma O. Toepfer & Sohn geschaffen werden, unterscheiden sich in einer Reihe von Punkten von den bisher üblichen, sodaß eine Beschreibung auch an dieser Stelle gerechtfertigt erscheint. Zunächst soll eine solche von dem für die laufenden Aufzeichnungen bestimmten Registrierapparat gegeben werden, der bereits fertig gestellt und in einer provisorischen Aufstellung am Potsdamer Observatorium eingehend erprobt worden ist.

Dem Entwurf dieses Apparats, dessen Verwendung natürlich nicht auf magnetische Observatorien beschränkt ist, lag die Absicht zugrunde, die magnetischen Instrumente selbst in einem abgeschlossenen Raum aufzustellen, der für gewöhnlich nicht betreten werden soll. Zu diesem Zwecke muß der Registrierapparat in eine Wand dieses Raumes eingebaut und so eingerichtet werden, daß seine regelmäßige Bedienung (Auswechseln der Lampe, Anlegen des photographischen Papiers, Aufziehen und Regulieren der Uhr), die täglich einmal erfolgt, von einem Vorraum aus vorgenommen wird. Der Apparat sollte zugleich, was auch anderwärts schon gelegentlich geschehen ist[1]), die direkte Ablesung der Instrumente ohne Unterbrechung der photographischen Registrierung gestatten. Weitere für die Konstruktion maßgebende Bedingungen waren eine möglichst einfache und bequeme Bedienung, ferner die Möglichkeit einer exakten systematischen Justierung und ein einheitlich durchgearbeiteter Aufbau, der ihn als Ganzes transportfähig macht. Allen diesen Wünschen ist auf Grund häufiger, eingehender Besprechungen von der genannten Firma, insbesondere von Hrn. Toepfer jun., der sich mit lebhaftem Interesse und selbständiger Durchdringung der Aufgabe ihrer Lösung widmete, in vorzüglicher Weise entsprochen worden.

Der Apparat, der für gewöhnlich die gleichzeitige Registrierung von drei Magnetometern, gelegentlich aber auch noch diejenige eines vierten liefern soll, besteht demgemäß aus vier gleichen, in fester Verbindung nebeneinander angeordneten Teilen,

[1]) So z. B. auf der deutschen Südpolar-Expedition. Vgl. K. Luyken, Erdmagnetische Ergebnisse der Kerguelen-Station 1901—1903. *S. 43.*

wozu noch ein allen gemeinsames Uhrwerk kommt. Es braucht wohl kaum gesagt zu werden, daß die Zahl von vier Registrierabteilungen für die Konstruktion unwesentlich ist; sie kann, wenn auch wohl kaum größer, so doch kleiner gewählt werden. Beispielsweise könnte man mit einer einzigen Abteilung ausreichen, wenn man die von **Eschenhagen** für manche Zwecke eingeführte Einrichtung wählt, die Magnetometer in einer zur Achse des Registrierapparats annähernd senkrechten Linie hintereinander aufzustellen.

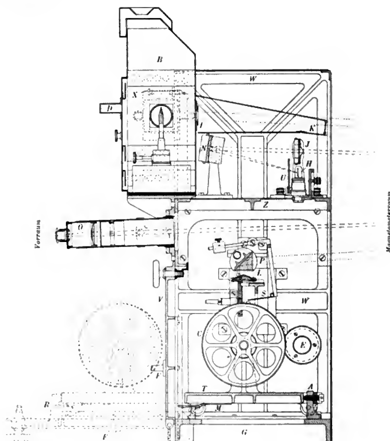


Fig. 1.

Die Konstruktion des Apparats, der in der Länge 175 *cm*, in der Breite 30 *cm* und in der Höhe 70 *cm* mißt, geht mit hinreichender Deutlichkeit aus dem zur Längsachse senkrechten Vertikalschnitt (Fig. 1) und den beiden nach photographischen Aufnahmen hergestellten Ansichten (Fig. 2: vom Magnetometerraum aus, Fig. 3: vom Vorraum aus) hervor.

Auf der rahmenartigen und zweckmäßig versteiften Grundplatte *G* sind sechs vertikale Wände *W* aufgeschraubt, die außerdem in etwa halber Höhe durch die tischartigen Zwischenträger *Z* fest verbunden sind. Hierdurch wird das sehr kräftige

und feste Hauptgestell gebildet, in dessen unteren Kammern das Uhrwerk und die vier Registrierzylinder *C* ihren Platz haben, während sich in den oberen Kammern, deren Basis die erwähnten Zwischenträger *Z* bilden, diejenigen Teile befinden, die in Verbindung mit den fernrohrähnlichen Vorrichtungen *O* Skalenablesungen ohne Störung der Registrierung möglich machen.

Die Kammer für das Uhrwerk enthält auch den Hebelmechanismus, der zusammen mit dem oberhalb der Registrierzylinder aufgehängten Schirmträger *S* die als Zeitmarken dienenden stündlichen Unterbrechungen der Basislinien bewirkt. Das durch Gewicht angetriebene, bis zu 30 Stunden laufende Uhrwerk, dessen tägliches Aufziehen bei geschlossener Tür erfolgen kann, erteilt mittels der gemeinschaftlichen Antriebswelle *E* den Registrierzylindern ihre Bewegung. Diese vollenden in 25 Stunden einen Umlauf und gestatten somit, trotzdem ein Teil des Umfangs durch den zum Festklemmen des Papiers dienenden Bügel bedeckt wird, eine zusammenhängende 24-stündige Registrierung.

Die Registrierkammern enthalten ferner die Montierungen für die horizontalen Zylinderlinsen *L* und für die über deren ganzer Länge angebrachten total reflektierenden Prismen *P*, durch deren Zusammenwirken die zeichnenden Lichtpunkte auf der Oberseite der Registrierzylinder entstehen, sodaß sie vom Vorraum aus bequem zu sehen und zu beurteilen sind. Linsen und Prismen sind natürlich einzeln justierbar. Die zum Zweck der Fokussierung nötige Hebung und Senkung der ersteren wird durch ein Zahnradgetriebe nnd eine Schlittenführung bewirkt.

Den Verschluß jeder Registrierkammer nach dem Vorraum bildet eine Klappe *V*, die, wie es der gestrichelte Teil der Zeichnung in Fig. 1 andeutet, in geöffnetem Zustande, durch den Fuß *F* gestützt, horizontal liegt und dann die genaue Fortsetznng des Bodens der Kammer bildet. Die so zusammengesetzte Fläche enthält ein Schienengeleise, auf dem der den Zylinder tragende Wagen *T* verschoben werden kann. Zum Auflegen des photographischen Papiers wird der Wagen bis zum Auschlag an die Puffer *R* nach außen gezogen. Nach der Beschickung wird er langsam bis zu dem festen Anschlag *A* wieder eingeschoben, der so justiert wird, daß ein genauer Eingriff des Getriebes stattfindet. Die Sicherungsfeder *M* hält ihn in dieser Lage fest. Damit man dem Registrierzylinder beim Einschalten in das Triebrad die durch den Papieranfang bedingte richtige Anfangsstellung geben kann, sind geeignete sichtbare und fühlbare Marken vorgesehen.

Als Lichtquellen für die Registrierung dienen zwei in Laternen *B* einzusetzende Benzinlampen, von denen die eine über der zweiten, die andere über der vierten Kammer ihren Platz hat. Jene dient gleichzeitig für die drei ersten Kammern, diese allein für die nur gelegentlich benutzte letzte. Die erste Laterne besitzt deshalb seitliche, bis zur Mitte der Nebenkammern reichende Ansatzröhren mit totalreflektierenden Prismen vor den an ihrem Ende befindlichen Spalten, während der dritte Spalt ebenso wie bei der andern Lampe in die Laternenwand eingebaut ist. Die Einstellung der Spaltbreite erfolgt von der Bedienungsseite des Apparats aus mittels geeigneter, durch Mikrometerschrauben bewegter Hebelverbindungen. Zwischen Flamme und Spalt sind verschiebbare Sammellinsen angebracht, die das Bild der Flamme am Ort der Magnetometerspiegel entwerfen. Ein Diopter *D* gestattet die genaue Feststellung der richtigen Flammenhöhe.

Die Einrichtung zur Skalenablesung besteht aus der Glasskale *J*, dem eine lange Zone bildenden sphärischen Spiegelstreifen *N*, dem Glühlämpchen *H* und dem schwach vergrößernden Okular *O*. Die ersten drei Teile sind justierbar auf dem Zwischenträger *Z*

montiert, während das Okularrohr oberhalb der Verschlußklappe *V* an der vertikalen Wand des Apparats sitzt. Dadurch, daß das Rohr durch ein kugelförmiges Lager zunächst an eine Platte angesetzt ist, die ihrerseits vertikal verschoben werden kann, ist man imstande, innerhalb ausreichender Grenzen seine Lage entsprechend dem Ort und der Stellung der Magnetometerspiegel zu ändern. Das Glühlämpchen, das von einem für photographisch wirksame Strahlen undurchlässigen Glaszylinder umgeben ist, steht annähernd im Brennpunkt des sphärischen Spiegels *N*. Um eine möglichst gleichmäßige Beleuchtung der 30 *cm* langen Skale zu erreichen, ist zwischen dem Lämpchen und dem Hohlspiegel, nahe dem ersteren, die Mattscheibe *U* angebracht, deren besonders hell leuchtender, zweckmäßig abzublendender mittlerer Teil demnach die eigentliche Lichtquelle bildet. Derselbe Zweck ließe sich durch Verwendung einer mattierten Glühlampe erreichen. Aus einem sogleich noch zu erwähnenden

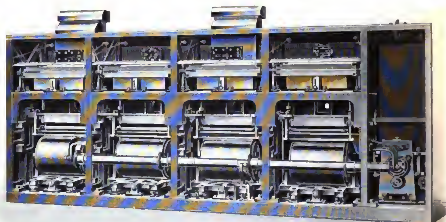


Fig. 2.

Grunde sind vor der Skale *J* zwei Klappen *K* angeordnet, die gestatten, ihre beiden Hälften unabhängig voneinander mittels einer einfachen Zugvorrichtung *X* vom Vorraum aus abzudecken. Außerdem ist der ganze Apparat nach dem Instrumentenraum hin durch Messingplatten abgeschlossen, die nur die für den Strahlendurchgang nötigen Öffnungen freilassen. Diese Platten fehlen natürlich in Fig. 2, die ja einen Einblick in die innere Einrichtung gewähren soll.

Um das Verständnis der Wirkungsweise des Apparats zu erleichtern, findet sich sowohl für die Registrierung wie für die Skalenablesung der Strahlengang, dort durch kurz-, hier durch langgestrichelte Linien in Fig. 1 angedeutet. Es muß noch hinzugefügt werden, daß sich vor dem vertikal stehenden Magnetometerspiegel eine Sammellinse befindet, deren Brennweite gleich ihrer Entfernung vom Lampenspalt und, natürlich dem Lichtweg nach gerechnet, von der oberen Fläche des Registrierzylinders ist. Die für beide Abbildungen in Betracht kommenden Strahlenbündel sind also durch die Magnetometerspiegel begrenzt und sind innerhalb des Magnetometers Paralleibündel, während sie außerhalb nach dem Registrierapparat hin konvergieren.

Die in Fig. 1 gezeichneten Linien stellen die Hauptstrahlen je zweier solcher Bündel dar, die von je einem oberen und einem unteren Punkte des abgebildeten Objekts, d. h. einerseits des Spaltes, andererseits eines Skalenstrichs herkommen.

Da die Skale *J* dem Magnetometer etwas näher liegt als der in der Brennweite befindliche Spalt *I*, so entsteht das Bild der Skale in einer um ungefähr ebensoviel größeren Entfernung. An dieser Stelle, dicht vor der Kollektivlinse des nach dem Ramsdenschen Typus gebauten Okulars, befindet sich das zur Ablesung dienende Fadenkreuz. Da jene Linse 4 *cm* Durchmesser besitzt und das Bild der in halbe Millimeter geteilten Skale nur wenig größer als diese selbst ist, so umfaßt das Gesichtsfeld über 60 Skalenteile, die bei der etwa dreifachen Okularvergrößerung auch eine zweckmäßige scheinbare Größe besitzen.

Wie man hieraus ersieht, handelt es sich hierbei nicht um die gewöhnliche Ablesung mit Fernrohr und Skale. Wollte man das angewandte Verfahren unter



Fig. 3.

diesen Begriff bringen, so müßte man die vor dem Spiegel befindliche Linse als das Objektiv des Fernrohrs betrachten, während sie gleichzeitig auch als Kollimatorlinse für die durch sie in unendliche Ferne projizierte Skale wirkt.

Die beiden Strahlenverläufe, der registrierende und der die Ablesung vermittelnde, haben eine gemeinsame Symmetrielinie, nämlich die Normale des Magnetometerspiegels. Es ergibt sich daraus natürlich eine gewisse, allerdings ein wenig von der Entfernung dieses Instruments abhängige Bedingung für die gegenseitige Lage von Spalt, Prisma, Skale und Okular. Ist diese zunächst durch die Konstruktion des Apparats für irgend eine (am einfachsten als unendlich groß angenommene) und dann durch die Justierung für die tatsächliche Entfernung des Magnetometers und für eine etwaige kleine Abweichung des Spiegels von der Vertikalebene erfüllt, so muß, gleichzeitig richtige Fokussierung der Zylinderlinse vorausgesetzt, ein deutliches Skalenbild und ein scharfer Lichtpunkt auf der Registrierwalze erscheinen.

Eine gewisse Schwierigkeit entsteht noch durch den Umstand, daß das Magnetometer nicht, wie bisher der Einfachheit halber angenommen wurde, nur einen, sondern mehrere Spiegel besitzt. Mindestens sind deren zwei vorhanden, ein fester, als Mire und zur Zeichnung der Basislinie dienender, und ein beweglicher, mit dem Magnet-

system verbundener. Wollte man jedem die an sich beste, genau vertikale Stell' geben, so würden die von ihnen entworfenen Skalenbilder aufeinander faller Man kann dies nur dadurch vermeiden, daß man ihnen eine verschiedene Neigung gibt. Es erscheinen dann die Skalenbilder übereinander. Bei der Größe des Gesichtsfeldes und der geringen Breite der Skale kann man leicht drei Bilder auf diese Weise trennen. Freilich ist damit die notwendige Folge verbunden, daß auch die registrierenden Strahlenbündel, die von den verschiedenen Spiegeln herkommen, das Prisma nicht sämtlich in gleicher Höhe treffen können, und daß man daher nicht, wie es wünschenswert wäre, diese Büschel die Linse zentral durchsetzen lassen kann, wenigstens nicht bei der verhältnismäßig geringen vertikalen Ausdehnung der hier benutzten Lichtquelle. Es erschwert dies auch die an sich erwünschte, aber natürlich unter sonst gleichen Bedingungen zu einer Verringerung der Linsenbreite führende Verkleinerung der Brennweite. Indessen ist dieser Nachteil praktisch ohne große Bedeutung, und es würde sich nicht verlohnen, komplizierte Einrichtungen, durch die er sich vermeiden ließe, zu treffen.

Die Zahl der Spiegel ist manchmal noch größer als drei. In diesem Falle sind aber wohl stets mehrere gruppenweise fest verbunden, sodaß die zusammengehörigen einen unveränderlichen Winkel miteinander bilden. Sie lassen demnach weit getrennte Stellen der Skale gleichzeitig im Gesichtsfelde des Okulars erscheinen, und es genügt, einzelne Teile der Skale abzublenden, um abwechselnd das eine oder andere der sich deckenden Bilder allein zu sehen. Eine längs der ganzen Skale verschiebbare, schmale Blende würde diesen Zweck in weitgehendem Maße erreichen lassen. Einfacher und für die geplante Anwendung hinreichend ist die Benutzung der bereits erwähnten Klappen *K* vor den beiden Hälften der Skale. Die vollkommenste, aber wohl selten notwendige Methode wäre natürlich die, immer nur auf denjenigen Spiegel Licht fallen zu lassen, dessen Stellung man gerade beobachten will, indem man die ganze Mattscheibe *U* bis auf denjenigen Teil verdeckt, dessen vom Hohlspiegel *N* entworfenes Bild mit dem betreffenden Magnetometerspiegel zusammenfällt. Indessen würde die dazu erforderliche Vorrichtung, die natürlich vom Vorraum aus zu regulieren sein müßte, gerade dieser Bedingung wegen ziemlich umständlich sein, und es würde auch das zur Beleuchtung der Mattscheibe dienende Glühlämpchen verschiebbar eingerichtet werden müssen.

Automatische Abstellvorrichtung der Schreibfedern von Meteorographen für Registrierballons.

Von
Dr. **Raimund Nimführ** in Wien.

An der meteorologischen Zentralanstalt in Wien (Hohe Warte) wird seit April v. J. bei allen *Ballons-sondes*-Aufstiegen ein von mir angegebener automatischer Feder-Ein- und -Ausschalter verwendet, der sich durch die Einfachheit der Konstruktion wie durch die Zuverlässigkeit des Funktionierens für die allgemeinere Verwendung empfiehlt. Der Apparat hat nunmehr schon bei fünfzehn Fahrten unter den verschiedensten und ungünstigsten äußeren Bedingungen stets vollkommen fehlerlos gearbeitet und damit wohl einen genügenden Beweis seiner praktischen Brauchbarkeit erbracht. Um nun den interessierten Fachkreisen die Möglichkeit der Ver-

wendung und Erprobung der Vorrichtung zu bieten, will ich im folgenden eine ausführlichere Beschreibung des automatischen Ausschalters in seiner gegenwärtigen Ausführung geben.

Bei der Herstellung meines Ein- und Ausschalters ging ich von der Idee aus, eine Anordnung zu treffen, welche bewirkt, daß in dem Momente, wo der Registrierapparat durch den Ballon vom Boden abgehoben wird, also bei Beginn des Aufstieges, die Schreibfedern automatisch eingeschaltet und, sowie der Apparatkorb beim Abstieg am Boden auftrifft, automatisch die Federn wieder abgestellt werden. Auf der Registriertrommel sollten also lediglich die tatsächlichen Auf- und Abstiegskurven verzeichnet sein, sodaß die ungemein lästige Zerkratzung oder Verschmierung der Originalkurven infolge der Erschütterungen der Schreibfedern auf dem Transport und wegen des Weiterschreibens der Federn nach der Landung bis zum Ablauf des Uhrwerkes vollkommen vermieden würde. Andererseits sollte aber auch der *ganze* Abstieg registriert werden und nicht nur ein Teil desselben, wie dies bei dem von Hrn. Prof. Aßmann angegebenen und bei den *Ballons-sondes*-Aufstiegen am Aeronautischen Observatorium in Lindenberg (früher Tegel bei Berlin) verwendeten automatischen Ausschalter der Fall ist. Bei der Aßmannschen Konstruktion werden, sowie beim Abstiege der Luftdruck den Betrag von 600 *mm* erreicht, die Schreibfedern automatisch abgehoben; der restliche Teil des Abstieges wird also nicht aufgezeichnet. Es erschien mir jedoch wichtig und wertvoll, den ganzen Abstieg bis zum Momente der Landung zu erhalten. Von diesen Erwägungen ausgehend, kam ich zu folgender einfachen Konstruktion: solange der Schutzkorb, in dem der Registrierapparat untergebracht ist, auf dem Boden aufruht, sind die Schreibfedern von der Trommel entfernt; wird aber der Apparatkorb durch den Ballon vom Boden abgehoben, so spannt er durch sein Eigengewicht eine Feder, die den Ausschalthebel derart um seine Achse dreht, daß die Schreibfedern an der Registriertrommel anliegen und schreiben. Da der Apparatkorb, solange er in der Luft bleibt, sein Eigengewicht behält, wird auch die Feder während der ganzen Dauer der Fahrt in gespanntem Zustande erhalten. Die Schreibfedern liegen infolgedessen dauernd an der Trommel an und schreiben. In dem Momente aber, wo der Apparatkorb beim Abstieg wieder am Boden auftrifft, fällt der Zug in der Verbindungsschnur zwischen dem Apparatkorb und dem Tragballon weg. Die Kraft der Abstellfeder kommt deshalb zur Wirkung und dreht den Ausschalthebel wieder in die Ruhestellung zurück, wodurch die Schreibfedern von der Trommel abgehoben werden und nun auch dauernd abgehoben bleiben.

Fig. 1 zeigt einen Registrierapparat von J. A. Bosch in Straßburg (mit Bimetallthermometer nach Teisserenc de Bort und Rohrthermometer nach Hergesell) schräg von unten gesehen.

Der Ausschalthebel *h*, dessen Drehpunkt in *d* liegt, trägt an seinem Ende nach oben zu eine senkrechte Stange, nach unten eine kleine Öse. Etwas weiter vom Hebelende entfernt ist ein senkrechter Stift *s* eingeschraubt, gegen den sich das freie Ende einer Blattfeder *f* legt; die Feder ist durch eine Schraube *r* an der Grundplatte des Apparates befestigt. Die Öse *o* dient zur Befestigung einer Schnur *u*, die zur Verminderung der Reibung über eine Rolle *n* läuft.

Ist die Schnur nicht angespannt, so drückt die Ausschaltfeder *f* gegen den Stift *s* und dreht den Hebel *h* um den Drehpunkt *d* (von unten gesehen) entgegen der Richtung des Uhrzeigers, bis die Öse *o* an einen Anschlag stößt. Eine am Hebel *h* angebrachte senkrechte Stange lehnt sich dabei gegen die Schreibhebel und hebt

diese von der Registriertrommel ab. Wird ein Zug an der Schnur *u* ausgeübt, so dreht sich Hebel *h* in umgekehrter Richtung, bis die Öse *o* zu einem zweiten Anschlag gelangt. Dabei wird die Feder gespannt, die senkrechte Stange des Ausschalthebels entfernt sich von den Schreibhebeln und diese können nun völlig unbehindert schreiben. Hört der Zug an der Schnur wieder auf, so entspannt sich die Feder, der Ausschalthebel dreht sich in die Ruhelage zurück, und die mit ihm verbundene senkrechte Stange hebt die Schreibfedern von der Registriertrommel ab. In Fig. 2 sieht man einen Meteorographen von Bosch aufstiegsbereit justiert. Der größeren Deutlichkeit halber ist der Schutzmantel aus Aluminiumfolie um das Apparatkörbchen, der gleichzeitig als Strahlungsschutz dient, weggenommen. Der parallelepipedische Apparatbehälter ist aus rechtwinkelig gebogenen, 12 *mm* breiten Leisten von etwa 0,3 *mm* starkem Weißblech hergestellt. Die Eckverbindungen sind gelötet. Die Reifen des Puffergerüstes, deren Anordnung aus der Figur ersichtlich ist, bestehen aus Lamellen von Tonking-Rohr. Man erhält dieselben nach folgender Methode. Ein möglichst zylindrisches Tonking-Rohr von 15 bis 18 *mm* äußerem Durchmesser wird nach zwei senkrecht zueinander stehenden Durchmessern zersägt. Am bequemsten geschieht dies mittels einer kleinen Kreissäge von etwa 8 *cm* Durchmesser, die man in geeigneter Weise in eine Drehbank einspannt. Stellt man sich noch eine einfache Führung her, bestehend aus einem etwa 20 *cm* langen, rechtwinkelig abgebogenen Eisenblech mit einer schmalen Nut für die Säge, so kann man ohne besondere Schwierigkeiten vollkommen gleich starke Lamellen erhalten. Die Lamellen werden mit einer Raspel ein wenig geglättet und dann gesplißt. Man erhält auf diese Weise ein Puffergerüst, das sich durch besondere Leichtigkeit und Festigkeit auszeichnet. Nach den bei den Aufstiegen an der meteorologischen Zentralanstalt in Wien bei nahezu zwanzig Fahrten gesammelten Erfahrungen ziehe ich die Lamellen aus Tonking-Rohr jedem anderen Material vor, da sie in sich alle guten Eigenschaften vereinigen, die man an ein brauchbares Puffermaterial stellen muß: sie sind leicht, sehr elastisch und dabei doch steif und fest. Eine der schätzbarsten Eigenschaften der Tonking-Lamellen ist ihre sehr große Zähigkeit. Es kommt nur äußerst selten vor, daß durch den Stoß bei der Landung ein Bogen des Puffergerüstes abgeknickt wird. Durch Splissung kann man einen beschädigten Bogen leicht wieder ausbessern.



Fig. 1.

Da für das sichere Funktionieren meines automatischen Ausschalters alle diese Einzelheiten von großer Wichtigkeit sind, muß ich auch noch kurz auf die Art der Befestigung des Instrumentenbehälters in dem Puffergerüste eingehen. Die Verbindung erfolgt mittels Spanndrähten in folgender Weise. Das Apparatkörbchen wird zunächst nur provisorisch in der in Fig. 2 ersichtlichen Weise durch Schnüre in das

Puffergerüst eingebunden. Hierauf hängt man das ganze System mittels einer im oberen Pole des Puffergerüstes angebrachten Schnur *S* wie ein Pendel auf und ändert die Längen der Spannschnüre in passender Weise so lange, bis die Schnur *u*, die zum Ausschalthebel führt, nahezu parallel läuft zur Tragschnur *S*. Auch ist darauf zu achten, daß die Ausschaltschnur *u* von der Führungsrolle bis zur Klemme *k völlig frei* läuft. Es ist dies durch Ausspannen bezw. Lockern der Spannschnüre leicht zu erreichen. Es sei noch besonders bemerkt, daß auch bei dieser provisorischen Justierung der Apparat schon vollständig ausgerüstet sein muß, es darf also auch der Strahlungsschutz um das Apparatkästchen u. s. w. nicht fehlen. Nach dieser provisorischen Justierung werden die Spannschnüre durch dünne Eisen- oder Stahldrähte ersetzt und zwar in folgender Weise: man steckt das eine Ende eines Stückes Draht durch das Drahtauge, das an der rechten vorderen Ecke des oberen rechteckigen Rahmens des Apparatkästchens angelötet ist (Fig. 2), biegt den Draht zu einem Auge und würgt ihn fest zusammen, sodaß eine sichere Verbindung entsteht; hierauf führt man den Draht zum oberen Pol und bindet ihn dort durch einen Faden fest. Nun steckt man das freie Ende des Drahtes durch das in die linke vordere Ecke der oberen Begrenzungsfläche des Apparatkästchens eingelötete Drahtauge und bildet wieder ein Auge zur Befestigung. Ganz in gleicher Weise wird von der rechten hinteren Ecke über den oberen Pol des Puffergerüstes zur linken hinteren Ecke der oberen Begrenzungsfläche ein Spanndraht gezogen. Der untere Pol der beiden Meridiankreise des Puffergerüstes wird nach demselben Schema mit der unteren Begrenzungsfläche des Apparatkästchens durch zwei Spanndrähte verbunden. Je vier Drähte sind ferner von der oberen und unteren Fläche des Kästchens zu den Punkten geführt, in denen ein Meridiankreis des Puffergerüstes mit einem der entsprechenden Parallelkreise zusammentrifft. Man erhält durch dieses System von zwölf Spanndrähten eine sehr elastische und gleichzeitig sehr feste Versteifung des Apparatkästchens gegen das Puffergerüst nach allen drei Richtungen des Raumes. Bei der Abpassung der Spanndrähte tut man gut, jeden einzelnen um zwei bis drei Zentimeter kürzer zu nehmen, als die entsprechenden provisorischen Spannschnüre sind. Bindet man dann in der angegebenen Weise die Spanndrähte mit starken Bindfaden an den Polen und den Treffpunkten der Meridian- und Parallelkreise fest, so kann man die Spanndrähte sehr kräftig anspannen, ohne daß das ganze Puffergerüst seine Form verliert.

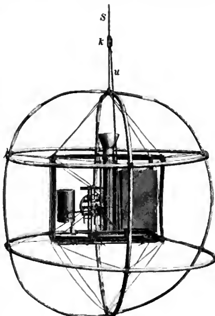


Fig. 2.

Ist der Apparat in der angegebenen Weise justiert, so hat man nur noch den Ausschalter einzustellen. Man lockert zu diesem Zwecke die Klemmschraube *k* und zieht die Schnur *u* nach oben, und zwar soweit dies möglich ist. Der Ort der Klemmen-

stellung wird angemerkt. Hierauf stellt man durch Emporheben des Puffergerüstes die Klemme noch ein klein wenig höher und schraubt die Klemmbacken nun fest zu. Die richtige Stellung der Klemme ist dadurch gekennzeichnet, daß beim Lockerwerden der Schnur S die Feder des Ausschalthebels prompt funktioniert. Bei einiger Übung kann man dies schon nach dem Gehör beurteilen. Der Zug in der Ausschaltschnur braucht nicht stärker genommen zu werden, als für das sichere Einschalten der Schreibfedern erforderlich erscheint. Damit die Trommel bei diesen Versuchen nicht zu stark zerkratzt wird, ist es angezeigt, die Uhr erst knapp vor dem Hochlassen des Ballons aufzuziehen. Zur Markierung der Nullpunkte der Federnstellung schaltet man wenige Minuten vor dem Aufstiege etwa 20 bis 30 Sekunden die Federn ein und läßt sie dann wieder abheben. Dies geschieht einfach in der Weise, daß man den Apparat bei der Schnur S nimmt und frei über dem Boden hängen läßt. Solange der Apparat nicht in der Luft schwebt, darf die Schnur S natürlich nicht gespannt sein. Um auch der Möglichkeit eines zufälligen Einschaltens der Schreibfedern vorzubeugen, erscheint es zweckmäßig, den Apparat nicht zu hängen, sondern auf eine passende Unterlage (Tisch) zu legen und die Schnur S knapp oberhalb der Klemme k abzuschneiden. Erst im Momente des Auflassens wird die Schnur S dann mit der Tragschnur, die zum Ballon führt, verbunden.

Ein Versagen des Ausschalters halte ich bei einiger Sorgfalt für nicht gut möglich. Die Vorrichtung hat auch bei Sturm und Regen stets fehlerlos funktioniert. Ich möchte ferner noch bemerken, daß auch bei der Landung auf Bäumen, ein Fall der sich in zwei Jahren nur einmal ereignete, die Vorrichtung noch immer von Wert ist. Beim Anstieg an der meteorologischen Zentralanstalt in Wien vom 5. April d. J. blieb der Apparat auf einem Baume hängen. Zur Zeit der Landung herrschte stürmischer Wind. Die Schreibfedern blieben natürlich infolge des Winddruckes gegen den einen noch vollen Ballon eingeschaltet, wurden aber sofort abgehoben, als auch der zweite Ballon entleert war.

Über die Empfindlichkeit der Widerstandsthermometer.

Von
W. Jaeger in Charlottenburg.

Bei Widerstandsmessungen ist im allgemeinen die Größe des zu messenden Widerstandes bezw. der zu vergleichenden Widerstände gegeben, und die erreichbare Empfindlichkeit der Messung hängt außer von der Empfindlichkeit des benutzten Meßinstrumentes (des Galvanometers u. s. w.) nur davon ab, wie stark die zu messenden Widerstände durch Strom belastet werden dürfen, und welche Schaltungsweise für die Meßanordnung und für das Galvanometer angewandt wird[1]).

Bei Temperaturmessungen mittels Widerstandsthermometern (einschließlich Bolometern), bei denen die Widerstandsänderung ein Maß für die Temperaturänderung darstellt, treten außer den oben erwähnten, die Empfindlichkeit der Messung bestimmenden Faktoren noch neue hinzu, und die Größe sowie die Dimensionen (Querschnitt u. s. w.) des zu messenden Widerstandes sind *nicht* von vornherein gegeben. Es entsteht vielmehr die Frage, welche Größe man diesem Widerstand, bezw. welche

[1]) Näheres hierüber siehe in: Vergleichende Betrachtungen über die Empfindlichkeit verschiedener Methoden der Widerstandsmessung. *Diese Zeitschr.* **26.** *S. 69. 1906.*

Dimensionen man dem Thermometer am zweckmäßigsten zu geben hat, um bei Anwendung bestimmter Meßmethoden und unter gegebenen Versuchsbedingungen die größte Empfindlichkeit der Temperaturmessung zu erreichen.

Von Einfluß auf die Empfindlichkeit ist natürlich auch die Wahl des Materials, als welches in der Regel Platin benutzt wird. Es besteht aber auch kein Bedenken, irgend ein anderes reines Metall mit großem Temperaturkoeffizienten des Widerstandes zu wählen; da die Temperaturkoeffizienten anderer Metalle zum Teil noch größer sind als derjenige des Platins, so kann die Verwendung eines anderen Materials sogar vorteilhaft sein. Auch die Dimensionen des Thermometers werden durch die Benutzung eines anderen Materials beeinflußt.

Abgesehen hiervon aber kommen für die Wahl der Dimensionen des Thermometers in erster Linie folgende beide Gesichtspunkte in Betracht, welche sonst bei Widerstandsmessungen im allgemeinen nicht beachtet zu werden brauchen. Man kann nämlich die Forderungen aufstellen: erstens soll die in dem Thermometerwiderstand durch den Meßstrom umgesetzte Energie eine gewisse Größe nicht überschreiten, die je nach den speziellen Versuchsbedingungen sehr verschieden sein kann, und zweitens soll sich der Widerstand selbst nur bis zu einer angebbaren Größe über die Temperatur des Bades, die gemessen werden soll, erwärmen. Durch die erste Bedingung, die notwendig ist, weil die im Widerstandsdraht entwickelte Wärme bei kalorimetrischen Messungen eine Fehlerquelle bilden kann, ist die Gesamtbelastung des Widerstandes, durch die zweite die Strombelastung des Thermometerdrahtes gegeben.

In manchen Fällen allerdings fallen diese beiden Fehlerquellen nicht sehr ins Gewicht. Wenn z. B. das Platinthermometer in einem Wasserkalorimeter benutzt wird, um dessen durch irgend einen Vorgang bewirkte Erwärmung zu messen, so kommt es nur darauf an, diese Erwärmung, d. h. also eine Temperatur-*Differenz*, möglichst scharf zu bestimmen. Wenn also die Erwärmung des Thermometers über die Umgebung stets denselben Betrag besitzt, so fällt sie in der Differenz ganz heraus. Die im Thermometer umgesetzte Gesamtenergie andererseits geht in den Gang des Kalorimeters ein und wirkt so, als wäre eine etwas höhere Außentemperatur vorhanden[1]).

Immerhin wird es stets eine gewisse Grenze geben, über die man auch in diesen Fällen die beiden Fehlerquellen nicht wachsen lassen wird; in anderen Fällen, z. B. bei der Messung konstanter Temperaturen wie Eispunktserniedrigung u. s. w., müssen sie entweder berücksichtigt oder unterhalb einer bestimmten Größe gehalten werden. Allgemeine Gesichtspunkte lassen sich hierfür nicht angeben, die Grenzen sind je nach dem Zweck der Messung ganz verschiedene.

Wenn man nun also berücksichtigt, daß die im Widerstandsthermometer umgesetzte Energie ($i^2 w$, wenn i die Meßstromstärke im Widerstand w des Thermometers bedeutet) eine bestimmte Größe haben soll, so ergibt sich daraus zunächst, daß *die Gröfse des Widerstandes w ganz ohne Einflufs auf die erreichbare Empfindlichkeit ist.* Denn, wie in der erwähnten früheren Mitteilung gezeigt wurde, ist die Empfindlichkeit einer Widerstandsmessung (d. h. der Ausschlag des Galvanometers für eine bestimmte prozentische Änderung des zu messenden Widerstandes) proportional der Wurzel aus der im Meßwiderstand umgesetzten Energie ($i\sqrt{w}$), wenn die Widerstandsverhältnisse der Meßanordnung proportional geändert werden. Bleibt also $i\sqrt{w}$ dabei konstant, so bleibt auch die Empfindlichkeit der Messung ungeändert, welche Größe auch w hat.

[1]) Vgl. hierüber auch W. Jaeger und H. von Steinwehr, Anwendung des Platinthermometers bei kalorimetrischen Messungen. *Diese Zeitschr.* **26.** *S. 237. 1906.*

Hieraus folgt einerseits, daß zur Steigerung der Empfindlichkeit der Messung bei ungeänderten Widerständen die im Meßwiderstand umgesetzte Energie, d. h. also die eine Fehlerquelle, quadratisch gesteigert werden muß; andererseits folgt daraus bei Einhaltung eines bestimmten Wertes für $i^2 w$ das oben Gesagte.

Man erhält somit beispielsweise bei Anwendung einer Wheatstoneschen Brücke mit Nadelgalvanometer, in der alle Zweige wie auch das Galvanometer den Widerstand von 5 Ohm besitzen, denselben Ausschlag des Galvanometers für eine bestimmte prozentische Änderung des zu messenden, ebenfalls 5 Ohm betragenden Widerstandes wie in einer Brücke, in der alle Zweige, also auch der zu messende Widerstand und der Galvanometerwiderstand, 80 Ohm betragen, wenn im ersten Fall die Stromstärke 4-mal so groß ist als im zweiten; denn das Produkt $i^2 w$ ist dann in beiden Fällen das gleiche.

Die Wahl des Thermometerwiderstandes ist also an sich ganz beliebig; hat man ihn aber gewählt, so ergeben sich durch die zweite der angeführten Bedingungen, daß sich nämlich das Thermometer nur um einen gegebenen Betrag über die Temperatur seiner Umgebung erwärmen soll, auch Bedingungen für die Dimensionen des Widerstandes. Denn diesem Widerstand ist, da $i^2 w$ eine gegebene Größe haben soll, eine bestimmte Stromstärke zugeordnet. Diese bedingt aber wiederum einen solchen Querschnitt, daß der Widerstand nicht über die angegebene Grenze erwärmt wird. Querschnitt und Länge des Thermometerwiderstandes ergibt sich also aus den angeführten Bedingungen, wenn die Größe des Widerstandes gewählt ist und umgekehrt.

Die Erwärmung des Thermometerwiderstandes durch den Meßstrom läßt sich experimentell durch die Widerstandsänderung leicht feststellen. Um aber daraus auch die Erwärmung anders dimensionierter Drähte ableiten bezw. die zulässige Strombelastung des Drahtes annähernd berechnen zu können, muß man zunächst annehmen, daß die äußere Wärmeleitung pro Flächeneinheit des Drahtes in den verschiedenen Fällen die gleiche ist, wenn die ganze Anordnung des Thermometers bezw. die Konstruktion desselben analog bleibt. Da bei den langen dünnen Drähten, die hier in Betracht kommen, die gesamte im Draht durch den Strom entwickelte Wärme durch die Oberfläche des Drahtes an die Umgebung abgegeben wird, während die innere Wärmeleitung keine Rolle spielt, so gilt für die Temperaturänderung des unendlich lang gedachten Drahtes von kreisrundem Querschnitt bei Stromdurchgang die Gleichung

$$r^2 \pi c s \frac{du}{dt} = -2 r \pi h (u - u_0) + \frac{i^2 \sigma}{r^2 \pi} A \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 1)$$

in der t die Zeit, u die Temperatur des Drahtes, u_0 die konstante Außentemperatur, r den Radius des Drahtes, A das Wärmeäquivalent der elektrischen Energie (0,239), i die Stromstärke, σ den spezifischen Widerstand, c die spezifische Wärme und s die Dichte bedeutet. Die äußere Wärmeleitung h, die experimentell bestimmt wird, soll also, wie oben erwähnt, als konstant angesehen werden.

Im Gleichgewichtszustand $(du/dt = 0)$, wenn also die durch den Strom entwickelte und die nach außen abgegebene Wärme sich aufheben, erhält man

$$u - u_0 = \frac{i^2}{q^{3/2}} \left(\frac{\sigma A}{2 h \sqrt{\pi}} \right) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 2)$$

wo $q = r^2 \pi$ den Querschnitt des Drahtes bezeichnet.

Hieraus läßt sich die Erwärmung $u - u_0$ des Drahtes berechnen, wenn h bekannt ist und umgekehrt. Da die Klammergröße eine Konstante ist, bleibt die Erwärmung des Drahtes, solange das Verhältnis $i^2/q^{3/2}$ beibehalten wird, ungeändert.

Die Erwärmung des Thermometers durch den Strom steht mit der durch die Gleichung

$$\frac{du}{dt} = -a\,(u - u_0) \quad \ldots\ldots\ldots \quad 3)$$

definierten Abkühlungskonstante a des Thermometers in nahem Zusammenhang. Denn es ist nach Gl. 1), wenn i Null gesetzt wird, unter Berücksichtigung von Gl. 2)

$$a = \frac{2\,h}{c\,s\,r} = \frac{\sigma\,A}{c\,s\,q^2} \cdot \frac{i^2}{u - u_0} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 4)$$

Je größer die Abkühlungskonstante ist, desto geringer ist die Trägheit des Thermometers, denn die Abkühlung desselben (wenn kein Strom hindurchfließt) geht nach der Formel

$$\frac{u_1 - u_0}{u_2 - u_0} = e^{-a\,(t_1 - t_2)} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 5)$$

vor sich, wenn u_1, t_1 und u_2, t_2 zusammengehörige Temperaturen und Zeiten darstellen und u_0 die Außentemperatur bedeutet.

Wenn ferner das Bad, in dem sich das Thermometer befindet, einen konstanten Gang du/dt besitzt, wie z. B. bei Kalorimetern in der sogenannten Vor- und Nachperiode, so bleibt die Temperatur des Thermometers (ohne Stromwärme) um den Betrag

$$u - u_0 = -\frac{1}{a}\,\frac{du}{dt} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 6)$$

hinter der Temperatur des Bades zurück. Dieser Temperaturunterschied ist notwendig, um den Wärmeabfluß durch die Oberfläche des Thermometers konstant so zu erhalten, daß seine Temperatur ebenfalls die Änderung du/dt zeigt.

Je größer die Abkühlungskonstante ist, desto kleiner ist dieser Temperaturunterschied, um so höher kann man ferner das Thermometer mit Strom belasten.

Aus allen diesen Gründen empfiehlt es sich, bei Messungen, wo es sich nicht um die Ermittlung ganz konstanter Temperaturen handelt, die Abkühlungskonstante des Thermometers möglichst groß zu machen[1]).

Ist die Größe des Widerstandes gewählt, so ergeben sich die Dimensionen desselben aus den folgenden drei Gleichungen:

$$\frac{i^2}{q^{3/2}} = C_1 \quad \ldots\ldots\ldots \quad 7)$$

$$i^2 w = C_2 \quad \ldots\ldots\ldots \quad 8)$$

$$w \cdot \frac{q}{l} = C_3 \quad \ldots\ldots\ldots \quad 9)$$

aus denen sich noch die vierte

$$l\,r = \frac{C_2}{C_1\,C_3\,\sqrt{\pi}} = C_4 \quad \ldots\ldots\ldots \quad 10)$$

ableiten läßt.

Von den Konstanten C_1, C_2, C_3, C_4 ist

$$C_1 = \frac{2\,h\,\sqrt{\pi}}{\sigma\,A}\,(u - u_0), \quad C_3 = \sigma, \quad C_4 = \frac{A\,C_2}{2\,h\,\pi\,(u - u_0)} \quad \ldots \quad 11)$$

Diese Konstanten hängen also von der Beschaffenheit des Materials, seiner Oberfläche u. s. w. ab, während C_2 eine festzusetzende Größe ist. Die Empfindlich-

[1]) Über derartige Widerstandsthermometer mit sehr geringer Trägheit vgl. die Mitteilung von W. Jaeger und v. Steinwehr in den *Verhandl. d. Deutsch. Physikal. Gesellsch.* **5.** *S. 353. 1903*, das Referat in *dieser Zeitschr.* **24.** *S. 28. 1904* sowie den Tätigkeitsbericht der Reichsanstalt für 1903, ferner die *S. 279* zitierte Mitteilung.

keit ε des Thermometers, d. h. der Ausschlag des Galvanometers für 1° Temperaturänderung, ist endlich

$$\varepsilon = C_5 \cdot i \sqrt{w} \quad \ldots \ldots \ldots \quad 12)$$

zu setzen, worin C_5 von der Empfindlichkeit des Galvanometers, von der Meßanordnung u. s. w. abhängt, wie in der früheren Mitteilung (*a. a. O.*) näher dargelegt wurde.

Nach Gl. 10) ist somit unter den gemachten Voraussetzungen das Produkt $l q^{\frac{1}{2}}$ konstant. Über l bezw. q kann man also noch frei verfügen und demgemäß das Thermometer den gegebenen Verhältnissen anpassen, z. B. ihm eine solche Länge geben, daß es über die ganze Oberfläche des Kalorimeters integriert. Die Betrachtungen sind für kreisrunde Drähte durchgeführt, bei Anwendung von Bändern müssen entsprechende ähnliche Berechnungen angestellt werden.

An der Hand eines konkreten Falles kann nun am besten gezeigt werden, in welcher Weise die vorstehenden Formeln benutzt werden können.

Für die Bestimmung der 15°-Kalorie in elektrischen Einheiten[1]) haben H. von Steinwehr und der Verfasser ein Wasserkalorimeter von 10 Liter Inhalt benutzt, wobei in der elektrisch geheizten Spule etwa 250 Watt (50 Volt × 5 Ampere) pro Sekunde umgesetzt wurden. Das dabei verwendete Platinthermometer (Durchmesser des Platindrahtes etwa 0,1 *mm*, Länge desselben ungefähr 35 *cm*, Widerstand etwa 5 Ohm) von geringer Trägheit, bei dem der Platindraht von einem engen Messingröhrchen umschlossen war, wurde mit einer Meßstromstärke von 0,01 Amp. belastet, wodurch eine dauernde Erwärmung des Drahtes von 0,002° über die Umgebungstemperatur entstand. Diese sofort nach dem Stromschluß eintretende, stets gleiche Temperaturdifferenz wurde in diesem Fall, wo es sich um Messung der Differenz zweier Temperaturen (Anfangs- und Endtemperatur des Thermometers) handelte, noch als zulässig erachtet. Aus diesen Angaben berechnet sich nach den früher gegebenen Gleichungen eine Abkühlungskonstante $a = 2000$ (auf die Minute bezogen). Wenn es möglich ist, den Thermometerdraht direkt in die umgebende Flüssigkeit einzutauchen, also bei Messungen mit isolierenden Flüssigkeiten, kann noch eine wesentlich größere Abkühlungskonstante erreicht werden.

Die damit erzielte Empfindlichkeit bei Anwendung der Differentialmethode zur Widerstandsmessung unter Benutzung eines differential gewickelten Kugelpanzergalvanometers wird dadurch ausgedrückt, daß bei einseitigem Ausschlag

$$1 \text{ Skalenteil} = 0{,}005^\circ \quad (\varepsilon = 200 \text{ Skalenteile/Grad})$$

war, sodaß also, da $^1/_{10}$ Skalenteil noch sicher erschien, durch Kommutieren noch etwa 0,0002° abgelesen werden konnte. Die in diesem Thermometer umgesetzte Energie betrug nach den obigen Angaben $5 \cdot 10^{-4}$ Watt in der Sekunde.

Es war somit

$$C_1 = 1{,}43 \cdot 10^3 \text{ Amp.}^2 \, cm^{-3}, \quad C_2 = i^2 w = 5 \cdot 10^{-4} \text{ Watt}, \quad C_3 = \frac{wq}{l} = 1{,}12 \cdot 10^{-5} \text{ Ohm} \cdot cm. \quad 13)$$

Da nun bei den erwähnten kalorimetrischen Messungen eine Genauigkeit von höchstens 1 Zehntausendstel angestrebt wurde, die wegen anderer Fehlerquellen nicht überschritten werden kann, so könnte gegenüber den in der Heizspule entwickelten 250 Watt eine Energieentwicklung im Thermometer von dem zehntausendsten Teil dieses Betrags, also von $2{,}5 \cdot 10^{-2}$ Watt, noch unbedenklich zugelassen werden; selbst

[1]) Vgl. den Tätigkeitsbericht der Physikal.-Technischen Reichsanstalt für 1904, *diese Zeitschr.* **25.** *S. 103. 1905.*

eine größere Energieentwicklung wäre noch zulässig, wenn dafür eine entsprechende Korrektion am Resultate angebracht würde[1]). Eine Erhöhung der Energie auf $2,5 \cdot 10^{-2}$ Watt entspricht aber dem 50-fachen Betrag der damals angewandten Energie.

Die Empfindlichkeit der Temperaturmessung ließe sich also in diesem Falle, ohne daß dadurch ein Fehler entstünde, um mindestens den Faktor $\sqrt{50}$, d. h. um etwa das Siebenfache steigern, d. h. es würde etwa noch eine Größe von 0,00003° meßbar sein (entsprechend 0,1 Skalenteil).

Soll dies unter Beibehaltung des Widerstandes von 5 Ohm geschehen, so muß der Querschnitt des Drahtes so gewählt werden, daß bei dem siebenfachen Strom ebenfalls nur eine Erwärmung von 0,002° eintritt; andererseits muß die Länge des Drahtes proportional dem Querschnitt vergrößert werden, damit der Widerstand ungeändert bleibt. Man hat dann im übrigen ganz dieselben Verhältnisse wie früher.

Mit Hülfe der Gleichungen 7) bis 9) und der Werte für C_1, C_2, C_3 (Gl. 13) ergibt sich dann, daß der Querschnitt und die Länge des Platindrahtes 13,6-mal so groß sein müssen als bei dem obigen Platinthermometer. Der Draht müßte also etwa 4,8 *m* lang und 0,37 *mm* dick werden. Wie man sieht, kommt man bei der Steigerung der Empfindlichkeit zu Thermometern von erheblicher Länge, wenn man die angegebenen Bedingungen einhalten will. Es kann aber mitunter Schwierigkeiten machen, derartig lange Thermometer, wenn die äußere Wärmeleitung dabei ungeändert bleiben soll, konstruktiv auszubilden, obwohl es gerade bei Kalorimetern ganz vorteilhaft wäre, wenn das Thermometer über dessen ganze Oberfläche verteilt wäre.

Wird in den Gleichungen 7) bis 9) $C_2/C_1 = w\, q^{2/3}$ mit C bezeichnet, so erhält man

$$i^2 = \frac{C_2}{w}, \qquad q^3 = C^3 \frac{1}{w^3}, \qquad l^3 = C^3 \frac{w}{C_3^3} \quad \ldots\ldots \quad 14)$$

Die Größe C_3 hängt nur von dem Material ab, ist also für Platinthermometer eine Konstante; die Werte von q und l variieren dann mit C^3 und w. Sind für einen Wert von C die Größen q und l bekannt, so berechnen sie sich nach obigen Gleichungen leicht für andere Werte von $C = C_2/C_1$. Für $C_1 = 1,43 \cdot 10^2$, entsprechend einer Erwärmung des Drahtes um 0,002° durch einen Strom von 0,01 Amp. bei dem oben erwähnten Thermometer oder einer Belastung von 1 *qmm* Querschnitt mit 1,2 Amp., und für $C_2 = 10^{-2}$ Watt ist z. B. $C = C_2/C_1 = 7,0 \cdot 10^{-5}$.

Man erhält für diese Werte der Konstanten

$$\left.\begin{aligned} l^3 &= 3,47 \cdot 10^6 \cdot w \cdot cm^3 \\ q^3 &= \frac{49 \cdot 10^{-10}}{w^3} \cdot cm^6 \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 15)$$

und, wenn die Konstante C_2/C_1 zu $C' = n\,C$ wird,

$$l'^3 = n^3\, l^3, \qquad q'^3 = n^3\, q^3.$$

Hieraus lassen sich leicht die Dimensionen des Widerstandes für einen angenommenen Wert von w berechnen.

Wenn h bekannt ist, kann in bequemer Weise auch Gleichung 10) benutzt werden. Die Berechnungen sind durchgeführt unter der Annahme, daß die äußere Wärmeleitung h konstant bleibt. Wenn diese bei der Veränderung der Dimensionen des Thermometers ebenfalls geändert wird, so zeigt Gl. 11), daß dann die Konstante C_1

[1]) Eine derartige Korrektion würde aber nur dann notwendig sein, wenn der Meßstrom, wie es allerdings meist der Fall sein wird, nicht dauernd eingeschaltet bleibt.

der Größe h proportional ist. Eine Änderung von h kann auf diese Weise berücksichtigt werden. Die Wahl der Dimensionen wird durch Versuchsbedingungen und konstruktive Rücksichten beeinflußt.

Die Erwärmung des Widerstandes durch den Meßstrom ist ein prinzipieller Nachteil des Platinthermometers. Bei Anwendung von Thermoelementen ist man von dieser Fehlerquelle frei; doch besitzen die Thermoelemente andere Nachteile, sodaß man nur in seltenen Fällen mit diesen bei kalorimetrischen Messungen weiter kommen wird als mit Platinthermometern.

Referate.

Der Fünf-Fuß-Spektroheliograph des Sonnen-Observatoriums.

Von G. E. Hale und F. Ellerman. *Astrophys. Journ.* **23.** *S. 54. 1906.*

Als Hauptinstrument, welches in Verbindung mit dem in *dieser Zeitschr.* **26.** *S. 253. 1906* besprochenen Snew-Teleskop Verwendung findet, wurde von Hale unter Mitwirkung von Ellerman und Ritchey ein Spektroheliograph von sehr großen Dimensionen entworfen und in der eigenen Werkstatt des Observatoriums, die in Pasadena liegt, gebaut. Das Instrument ist von demselben Typus wie der von Prof. Kempf beschriebene Potsdamer Spektroheliograph[1]; Ref. kann sich daher auf eine kurze Besprechung der wichtigsten Teile beschränken. Der Hauptunterschied gegen das Potsdamer Instrument besteht darin, daß letzteres am Okularende eines Refraktors von mäßiger Größe befestigt und daher sehr leicht konstruiert werden mußte; der neue Halesche Spektroheliograph ist dagegen im Laboratorium fest aufgestellt und konnte daher weit größer und schwerer gebaut werden.

Das Kamera- und das Kollimatorrohr sind wie beim Potsdamer Apparate zueinander parallel auf einem gußeisernen Rahmen befestigt, die Objektive haben aber nicht weniger als 20,3 *cm* Öffnung und fünf Fuß (152 *cm*) Brennweite. Diese Dimensionen waren notwendig, um das vom Snow-Teleskop entworfene Sonnenbild von 17 *cm* Durchmesser ganz aufnehmen zu können. Der Rahmen wird von vier Stahlkugeln getragen, die in zwei V-förmigen Schienen einer schweren, gußeisernen Grundplatte laufen. Um eine recht leichte Bewegung des 636 *kg* schweren Instrumentes auf diesen vier Kugeln zu ermöglichen, wird der größte Teil seines Gewichtes dadurch von den Kugeln abgehoben, daß es in einem, in der Grundplatte angebrachten Quecksilbertroge schwimmt. Die Seitwärtsbewegung wird durch eine elektrisch angetriebene Schraube bewirkt. Es sind zwei Schrauben von verschiedener Ganghöhe vorhanden, die vom Motor je mit drei verschiedenen Geschwindigkeiten gedreht werden können, wodurch sechs verschiedene Geschwindigkeiten der Fortbewegung des Instrumentes ermöglicht werden.

Zur Erzeugung des Spektrums können in dem Apparate ein bis vier Prismen aus dem Jenaer Flintglas O. 102 verwendet werden. Jedes Prisma hat einen brechenden Winkel von 63° 29′[2]) und Seitenflächen von 21 *cm* Höhe und 12,5 *cm* Breite. Durch einen oder zwei in den Strahlengang eingeschaltete Planspiegel wird bewirkt, daß bei allen Prismenkombinationen die Gesamtablenkung des zu beobachtenden Strahls stets genau 180° beträgt; dies wird dadurch erreicht, daß zuerst die Prismen für die betreffende Wellenlänge auf das Minimum der Ablenkung eingestellt werden, worauf man die Spiegel so lange dreht, bis die zu beobachtende Linie auf den zweiten Spalt fällt.

Die beiden Spalte sind je 21,6 *cm* lang und sehr massiv gebaut; die eine Spaltbacke steht fest, die zweite wird mit einer Mikrometerschraube bewegt. Der zweite Spalt läßt sich

[1]) *Diese Zeitschr.* **24.** *S. 317. 1904.*
[2]) Vgl. *diese Zeitschr.* **20.** *S. 26. 1900.*

außerdem als Ganzes noch mikrometrisch verschieben, um ihn scharf auf eine bestimmte Linie einstellen zu können; auch eine Drehung der Spalte in ihrer Ebene ist vorgesehen. Da die von dem Prismenzuge abgebildeten Spektrallinien je nach ihrer Wellenlänge und nach der Anzahl der benutzten Prismen verschieden stark gekrümmt sind, so wurden die Spaltbacken auswechselbar eingerichtet und außer einem geraden auch Spalte von verschiedenen Krümmungen angefertigt. Die Spaltplatten bestehen aus Bronze, jedoch wurde der erste Spalt außen versilbert, um eine zu starke Erhitzung durch das Sonnenbild zu verhüten. Außerdem war es aber noch nötig, einen Aluminiumschirm mit einem schmalen, dem ersten Spalte entsprechenden Schlitz in geringer Entfernung vor demselben aufzustellen, um den größten Teil der Sonnenwärme abzuhalten. Ohne diese Vorsichtsmaßregel schloß sich der Spalt bei längeren Belichtungen infolge der Erhitzung. Ganz besondere Sorgfalt wurde durch Anbringung zahlreicher Blenden sowie auch durch geeignete Gestaltung der Spaltbacken auf die Abhaltung von Reflexen und diffusem Licht verwendet.

Der Spektroheliograph dient in erster Linie zur Aufnahme der Fackeln und Flocken, wie man die kleinen, ein Emissionslinien-Spektrum aussendenden Stellen der Sonnenoberfläche nennt. Er ist seit Oktober 1905 in regelmäßiger Benutzung und hat schon wertvolle Aufnahmen geliefert. *J. H.*

Photogrammetrie ohne Theodolit.

Von K. Fuchs. *Zeitschr. f. Vermess.* **34.** *S. 449. 1905.*

Der Verf. ist zur Ausarbeitung der hier angegebenen Methode veranlaßt worden durch die phototopographische Aufnahme des Argäusgebirges beim alten Cäsarea in Kappadozien, die vor einigen Jahren seitens der Wiener Gesellschaft zur naturwissenschaftlichen Erforschung des Orients ausgeführt worden ist. Es wurde dabei erst so verfahren, daß von einer gemessenen Grundlinie aus durch Vorwärtseinschneiden mit dem Theodolit eine Anzahl von Festpunkten bestimmt wurde, sodaß dann auf jeder photogrammetrischen Platte mehrere trigonometrische Punkte erschienen, mit deren Hülfe die Standpunkte des Phototheodolits, soweit sie nicht direkt bestimmt waren, rückwärts eingeschnitten werden konnten, und mittels deren auch die Richtung der optischen Achse für jede Platte zu berechnen war. Jene vorbereitende Anwendung des Theodolits ist nun als beschwerlich und zeitraubend empfunden worden, und der Verf. hat deshalb auf Anregung des Vorsitzenden der oben genannten Gesellschaft (Direktor Fuchs, geolog.-paläontolog. Abtlg. des naturhistorischen Hofmuseums in Wien) durch seine neue Methode die Anwendung des Theodolits entbehrlich zu machen gesucht. Im Flachland (wo man aber ohnehin nicht phototopographisch arbeitet) versagt die Methode, die Aufgabe ist aus Horizontalwinkelmessungen allein nicht zu lösen. Die Methode des Verf. liefert durch Berechnung von Winkeln ein richtiges Reliefbild der aufgenommenen Gegend, aber der Maßstab dieser „Rekonstruktion" wird erst bestimmt, wenn irgend eine aus der Aufnahme erhaltene Strecke direkt gemessen wird: es kann dies die *Entfernung* zweier phototopographisch bestimmten Punkte sein (direkt mit dem Band oder mit Benutzung des Theodolits), es kann aber auch ein *Höhenunterschied* sein; wenn man diesen *barometrisch* mißt, so „braucht die Expedition im Prinzip überhaupt keinen Theodoliten" sagt der Verf., und man darf hinzufügen: nicht nur der Theodolit zur *indirekten* Bestimmung von Längen und Höhen ist entbehrlich gemacht, sondern auch jedes Hülfsmittel *direkter* Längenmessung.

Die Grundformel des Verf. ist folgende. Es seien I und II zwei phototopographische Standpunkte; auf deren Aufnahmen können die zwei „Objektpunkte" (Bergspitzen u. s. f.) P und P_1 identifiziert werden, die um z und z_1 über I liegen mögen, also um $(z-k)$ und (z_1-k) über II, wenn der Standpunkt II um k über I liegt. Die Höhenwinkel von I nach P und P_1 seien α und α_1, die von II nach P und P_1 seien β und β_1, die Horizontaldistanzen von I nach P und P_1 seien r und r_1, die von II nach P und P_1 seien s und s_1. Man hat dann (von der Erdkrümmung und Refraktion abgesehen) die Gleichungen

$$z = r \cdot \operatorname{tg} \alpha \qquad z - k = s \cdot \operatorname{tg} \beta$$
$$z_1 = r_1 \cdot \operatorname{tg} \alpha_1 \qquad z_1 - k = s_1 \cdot \operatorname{tg} \beta_1 .$$

Setzt man die aus den zwei obern und den zwei untern dieser vier Gleichungen sich ergebenden Werte von k einander gleich, so erhält man die Grundgleichung

$$r \operatorname{tg} \alpha - s \operatorname{tg} \beta = r_1 \operatorname{tg} \alpha_1 - s_1 \operatorname{tg} \beta_1.$$

Wenn auf jeder der Platten der Hauptpunkt (optischer Mittelpunkt des Bildes) und der durch ihn gehende Horizont bekannt sind (optische Achse bei der Aufnahme horizontal), so kann man aus den Platten die Winkel α, α_1, β, β_1 entnehmen, ferner aber auch die Horizontalwinkel ϑ und ϑ_1, die die Zielungen von I nach P und P_1 (Längen r und r_1) und von II nach P und P_1 (Längen s und s_1) miteinander einschließen. Es handelt sich nun speziell um Bestimmung des Winkels φ, den die zwei Strahlen $I\ P\ (r)$ und $II\ P\ (s)$ miteinander bilden. Dieser sowie die Winkel ψ und χ der Zielungen $I\ P$ und $II\ P$ gegen die Strecke $I\ II$ lassen sich finden, wenn auf den zwei Bildern von I und II aus *drei* Bildpunkte P, P_1, P_2 identifiziert werden können. Die Gleichung für den zu bestimmenden Winkel φ erhält schließlich die Form

$$a \sin (2\varphi + \mu) + b \sin (\varphi + \nu) + c = 0.$$

Auch eine zweite Methode mit bequemer Auflösung durch Annäherung wird noch angegeben.

Zu den theoretisch-phototopographischen Arbeiten von Prof. Fuchs vgl. auch seine Entwicklungen zur Stereophotogrammetrie, die Oberst Baron Hübl in den „Beiträgen zur Stereophotogrammetrie“, Sonderabdruck (38 S. mit 1 Taf.) aus *Mitt. d. Milit.-Geogr. Inst.* **24.** *1905* veröffentlicht hat; ferner ist anzuführen, daß die Bestrebungen des Verf. sich mit neuern Arbeiten von Prof. Finsterwalder in München berühren; vgl. besonders dessen „Flüchtige Aufnahmen mittels Photogrammetrie“, Verhandl. d. III. Internat. Math.-Kongresses. Heidelberg 1904. Leipzig, B. G. Teubner. *S. 476* und „Eine neue Art, die Photogrammetrie bei flüchtigen Aufnahmen zu verwenden“, *Sitzungsber. d. Münch. Akad.* **34.** *S. 103. 1904.*

Hammer.

Über die Genauigkeit der Längen- und Winkelmessungen in Städten.

Von A. Kopsel. 8°. 106 S. Inaugural-Dissertation, Rostock 1904.

Diese Dissertation gründet sich auf die Ergebnisse der Stadtvermessung Bremen; sie plädiert, um das Hauptergebnis gleich auszusprechen, energisch für die direkte Längenmessung und für Beschränkung der Winkelmessungen auf das Notwendigste: die Fehler der Längenmessung mit Latten oder mit dem Stahlband seien ebensosehr überschätzt worden wie die Bedeutung der „Winkelmessungen ohne Ende“ bei kurzen Seiten.

Die Grundlage der Bremischen Vermessung bildet das *Wesernetz* der Preußischen Landestriangulation, in das von seiten der Bremischen Vermessungsbeamten Netze II., III., IV. und V. Ordnung eingefügt worden sind. Die mittlern Fehler einer Richtung und der relative Seitenfehler sind dabei in runden Zahlen: im Netz II. O. $\pm 1''$, $\frac{1}{2}$ *cm* pro *km* (durchschnittliche Seitenlänge 11 *km*); im Netz III. O. $\pm 2''$, 1 *cm* pro *km* (durchschnittliche Seitenlänge $3\frac{1}{2}$ *km*); im Netz IV. O. $\pm 1''$, 2 *cm* pro *km* (durchschnittliche Seitenlänge $1\frac{1}{2}$ *km*). Auf die trigonometrischen Punkte stützt sich eine sehr ausgedehnte Zugmessung, in Haupt- und Nebenzüge zerfallend. Für die hierzu auszuführende Längenmessung ist, da die Verhältnisse in der ebenen Stadt mit fester Messungsbahn sehr günstig liegen, der in der Preußischen Katastervorschrift als Fehlergrenze aufgestellte Betrag für die Differenz zweier unabhängiger Messungen derselben Strecke in Hauptzügen auf $\frac{1}{8}$, in Nebenzügen auf $\frac{1}{4}$ herabgesetzt worden, nämlich als *Grenze der Abweichung zweier Messungen* der Strecke L angenommen worden

$$a = 0{,}00125 \sqrt{4\,L + 0{,}005\,L^2} \quad \text{für Hauptzüge,}$$

$$a = 0{,}0025 \sqrt{4\,L + 0{,}005\,L^2} \quad \text{für Nebenzüge.}$$

Nach Beendigung der Vermessungsarbeiten untersucht nun der Verf. in seinem (jedenfalls wichtigsten) Abschnitt I „die Genauigkeit der Längenmessungen“, die wirklichen Abweichungen im Vergleich mit der eben genannten Festsetzung. Die Beantwortung dieser Frage: haben die wirklichen Abweichungen jener Annahme entsprochen? ist selbstverständlich für Messungen in andern Städten mit ähnlichen Verhältnissen, wie sie in Bremen vorlagen, wichtig. Es sind

in Bremen rund 700 Hauptpolygonseiten mit hölzernen 5 *m*-Latten doppelt gemessen worden, die Endpunkte durch in die Gehwege eingemeißelte Kreuze oder durch Stücke von Gasröhren bezeichnet, im Max. 200 *m* lang; die Linien waren durch Kreidestrich auf dem Pflaster bezeichnet, sodaß regelmäßige Fehler durch Ausweichen aus der Geraden (und bei den geringen Höhenunterschieden Abweichungen von der Horizontalen oder wenigstens von dem konstanten Gefäll) nicht zu befürchten sind. Von Nebenpolygonseiten sind etwa 7500 vorhanden, meist sehr kurz, 80% sind kleiner als 50 *m*, mit Latten oder dem Stahlband doppelt gemessen. Außer diesen mehr als 8000 Doppelmessungen sind noch speziell vom Verf. in der südlichen Vorstadt etwa 3500 Doppelmessungen ausgeführt worden, auf abgeteilten (Teilpunkte vermarkt), möglichst *langen* Linien. Der Verf. gleicht diese sämtlichen Längenmessungen aus, nachdem sie in die folgenden drei Hauptgruppen zerlegt sind: I. etwa 700 Latten-Doppelmessungen auf Längen zwischen 4 und 200 *m*, II. gegen 7600 Latten- und (meist) Stahlbandmessungen auf Nebenpolygonseiten von 0,2 bis 126 *m*, III. gegen 3500 Doppelmessungen zwischen 1 und 600 *m*. Er legt dabei folgende Abweichungsgesetze den Doppelmessungen zugrunde, wo e einen durch die Ausgleichung zu bestimmenden Exponenten bedeutet:

$$A = q \cdot L^e \quad \dots \quad 1)$$
$$A = p + q \cdot L^e \quad \dots \quad 2)$$
$$A^2 = p + q \cdot L^e \quad \dots \quad 3)$$
$$A^2 = p + q \cdot L^e + r \cdot L^{2e} \quad \dots \quad 4)$$
$$A^2 = q \cdot L + r \cdot L^2 \quad \dots \quad 5)$$

Als Gesamtergebnis findet er folgende Ausdrücke als am besten den vorliegenden Beobachtungen entsprechend:

	Mittl. Abweichung der Doppelmessungen	Mittl. Fehler des Durchschnitts der zwei Messungen, also m. F. der Polygonseite
1. unter *sehr günstigen* Verhältnissen	$A_m^2 = 8 + 0{,}08 \cdot L + 0{,}00008 \cdot L^2$	$M_s^2 = 2 + 0{,}02 \cdot L + 0{,}00002 \cdot L^2$ oder genähert $M_s = 1{,}45 + 0{,}0055 \cdot L$
2. unter *ungünstigen* Verhältnissen	$A_m^2 = 8 + 0{,}8 \cdot L$	$M_s^2 = 2 + 0{,}2 \cdot L$
3. für *mittlere* Verhältnisse .	$A_m^2 = 8 + 0{,}3 \cdot L + 0{,}00004 \cdot L^2$	$M_s^2 = 2 + 0{,}075 \cdot L + 0{,}0001 \cdot L^2$

Es zeigt sich also vor allem, daß, im Gegensatz zu der oft gemachten Annahme, für die verschiedenen Schwierigkeitsstufen der Messung die mittleren Fehler *nicht* proportional sind. Der Verf. stellt nach diesen Ergebnissen folgende *Grenzen* für die Abweichungen der zwei Messungen einer Linie L in Städten auf:

1. unter „günstigen" Verhältnissen $\sqrt{200 + 2 \cdot L + 0{,}002 \cdot L^2}$,
2. unter „mittleren" Verhältnissen $\sqrt{200 + 7 \cdot L + 0{,}002 \cdot L^2}$,
3. unter „ungünstigen" Verhältnissen $\sqrt{200 + 25 \cdot L}$.

Der II. Abschnitt untersucht die Genauigkeit der Winkelmessung in Polygonzügen mit dem Ergebnis: Winkelanschlußfehler bei n gemessenen Winkeln für die Zugklassen I bis V zwischen

$$\sqrt{160 + (n-2) \cdot 135}'' \quad \text{und} \quad \sqrt{280 + (n-2) \cdot 135}''.$$

Der III. Abschnitt behandelt die Ausgleichung der Polygonzüge nach der Methode der kleinsten Quadrate, die wenigstens für Hauptzüge durchgeführt werden sollte, und die sehr einfach wird, indem es sich bei Stadtvermessungen fast stets nur noch um die Verteilung der Winkelfehler handelt, wobei ferner ein wenig gekrümmter Zug als gestreckt, ein Zug mit nicht gar zu verschiedenen Seiten als gleichseitig behandelt werden darf. Endlich ist der

IV. Abschnitt dem sog. „Bogenschnitt gemessener Längen" gewidmet (Punktbestimmung durch reine Längenmessung), wobei besonders auf die Wichtigkeit der Anbringung der konstanten Korrektion der Längenmessungen aufmerksam gemacht wird, wie es z. B. auch der Referent bei seiner rechnerischen und graphischen Behandlung dieser Aufgabe in der *Zeitschr. f. Math. u. Physik 1898, Heft 2* getan hat. *Hammer.*

Herstellung hoher Vakua mittels flüssiger Luft.

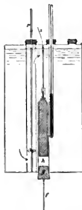
Von G. Claude und R. J. Lévy. *Compt. rend.* **142.** *S. 876. 1906.*

Dewar hat bekanntlich gezeigt, daß man hohe Luftleeren mit Leichtigkeit durch die kräftige Gasabsorption der Kohle in tiefen Temperaturen erzeugen kann (vgl. *diese Zeitschr.* **24.** *S. 364. 1904*). Die Verf. kündigen in der vorliegenden kurzen Abhandlung eine auf diesem Gedanken beruhende Vorrichtung an, deren wesentlicher Vorzug darin bestehen soll, daß die Verdünnung erst durch eine Pumpe erfolgt, die gleichzeitig den zu entleerenden Raum und die Kohlebehälter auspumpt, und danach erst durch Eintauchen der letzteren in flüssige Luft das hohe Vakuum erzeugt wird. Da die Kohle auf diese Weise nur geringe Gasmengen aufzusaugen braucht, kann der zu entleerende Raum verhältnismäßig groß sein, und es ist der Verlust an flüssiger Luft gering. Mit der Vorrichtung ist es gelungen, fünf Crookessche Röhren von 1 *l* Inhalt von einem Anfangsdruck von 2 *mm* Hg in 15 Minuten bis zum Aufhören der Entladung auszupumpen. Konstruktive Einzelheiten werden nicht mitgeteilt. *Rt.*

Über das Verhältnis der mittleren (Bunsenschen) Kalorie zur 15°-Kalorie.

Von U. Behn. *Ann. d. Physik* **16.** *S. 653. 1905.*

Der Verf. wendet sich zunächst gegen den Vorschlag der *British Association*, als praktische Einheit in der Kalorimetrie die Größe 4,2 Joule einzuführen, und hält es für sicher, daß schließlich das Erg als allgemeine Grundlage angenommen wird. Dem Ref. scheint es jedoch, daß, wenn man die Kalorie verlassen sollte, man kaum das Erg als Grundlage annehmen wird; da man genaue kalorimetrische Messungen wohl immer unter Zuhülfenahme der elektrischen Energie vornehmen wird, und deren Auswertung in den gesetzlichen praktischen Einheiten genauer auszuführen ist als in den theoretischen, so würde man bei einer Änderung der Einheit sich sicher für die Wattsekunde oder ein Vielfaches derselben, allerdings wohl kaum das 4,2-fache, entscheiden. Zurzeit wird aber die Kalorie noch allgemein benutzt, und es ist deshalb von großer Wichtigkeit, die Beziehungen der 15°-Kalorie zu der mittleren (c_{0-100}) Kalorie genau festzustellen.



In seiner Arbeit hat der Verf. die mittlere Kalorie nicht selbst bestimmt, sondern ihren Wert aus den um 2 Promille voneinander abweichenden Werten zweier verschiedener Beobachter (A. Schuller und V. Wartha einerseits und A. W. Velten andererseits) abgeleitet. Es wäre sehr wünschenswert, wenn er diesen Teil der Untersuchung nachholte, da man andernfalls das Verhältnis der beiden Kalorien auch jetzt noch nicht auf einige Zehntausendstel kennen würde.

Die Bestimmung der 15°-Kalorie geschah im Eiskalorimeter, über dessen Einrichtung und Behandlung der Verf. in einer besonderen Veröffentlichung berichten will. Die Kalorifere bestand aus einem zugeschweißten zylindrischen Platingefäß, das 21 *ccm* Wasser enthielt. Sie befand sich mindestens während 4 Stunden vor Beginn des Versuchs in dem Hohlraum *h* eines auf Zimmertemperatur befindlichen, allseitig gut geschützten Wasserbades, in dem die Temperatur durch ein Rührwerk *r* an allen Stellen gleichförmig erhalten wurde (vgl. die Figur). Die Schwankungen des Bades betrugen weniger als 0,01° pro Stunde. Die ganze Vorrichtung konnte schnell auf Schienen über das Kalorimeter gebracht und die Schutzhüllen des Bades

konnten in 5 Sek. entfernt werden, woranf dann das Platingefäß in $^1/_5$ Sek. an einem seidenen Faden *s* nach Heransziehen des Stopfens *g* mittels des Fadens *f* in das Kalorimeter hinabgelassen wurde. Zwei Serien von Versuchen wurden angestellt, eine von 10° auf 0°, die andere von 20° auf 0°. Auf die genane Innehaltung dieser Temperaturen wnrde jedoch kein Wert gelegt, vielmehr wurden die Abweichungen der Anfangstemperaturen von 10° und 20°, die bis zu vier Grad betrugen, nach den Formeln von Warburg oder Callendar und Barnes für die Abhängigkeit der spezifischen Wärme des Wassers von der Temperatur auf diese Temperaturen reduziert.

Die mittlere spezifische Wärme des Wassers $\bar{c}_{0°-10°}$ entsprach 0,015541 *g* Quecksilber, $c_{0°-20°}$ 0,015501 *g* Quecksilber, das infolge der durch Eisschmelzung eingetretenen Volumverminderung in das Kalorimeter eingesogen wird. Daraus ergibt sich die Quecksilbermenge bei 15° zu 0,015460 *g*.

Da das Mittel der eingangs erwähnten Messnngen der mittleren Kalorie von Schuller nnd Wartha und von Velten 0,015456 *g* Quecksilber beträgt, so findet man biernach das Verhältnis der mittleren zur 15°-Kalorie

$$\frac{c_{0°-100°}}{c_{15°}} = 0{,}9997.$$

Diese Zahl befindet sich in guter Übereinstimmnng mit den von Callendar zu 1,0004 und von Barnes zu 0,9998 bestimmten Werten, kann jedoch aus dem oben erwähnten Grunde eineu Anspruch auf die äußerste zurzeit erreichbare Genauigkeit nicht erheben.

v. St.

Die Normale des National Physical Laboratory für die Messung hoher Temperaturen.

Von J. A. Harker. *Phil. Trans.* **203.** *S. 343. 1904; National Phys. Lab. Collected Researches* **1.** *S. 107. 1905.*

Diese in der englischen „Reichsanstalt" ausgeführte Arbeit bezweckt die Herstellung von Normalen zur Messung hoher Temperaturen bis gegen 1100° C., welche bis auf weiteres die Temperaturskale des *National Physical Laboratory* darstellen sollen. Hierzu wurden ausersehen erstens: zwei Le Chateliersche Thermoelemente, bezogen von der Firma W. C. Heraeus in Hanau, zweitens: zwei Platinwiderstände, für welche das Material von Johnson & Matthey geliefert war. Diese Instrumente wnrden unter einander nnd mit einem Gasthermometer konstanten Volumens verglichen.

Das benutzte Gasthermometer, ein Geschenk von Sir Andrew Noble und erbaut von R. Fueß in Steglitz, ist eine genaue Kopie des in der Reichsanstalt in zwei Exemplaren vorhandenen Instrumentes. Die Konstruktion dieses Apparates rührt von den Hrn. Wiebe und Böttcher her, welche ihn bereits 1889 für ihre quecksilberthermometrischen Untersnchnngen benutzten (vgl. *diese Zeitschr.* **10.** *S. 16, 233. 1890*). Später haben die Hrn. Holborn und Day teils dasselbe Gasthermometer, teils eine Kopie davon für ihre Messung hoher Temperaturen gebraucht (vgl. das Referat in *dieser Zeitschr.* **21.** *S. 84. 1901*).

Die Methoden, nach denen der Verf. beim Anschluß der erwähnten Thermoelemente und Platinthermometer an das Gasthermometer verfahren ist, entsprechen fast vollständig denjenigen, die seit mehreren Jahren in der Reichsanstalt für derartige Messungen ausgearbeitet sind. Es genügt, auf die in dieser Zeitschrift veröffentlichten, hierauf bezüglichen Referate und die Tätigkeitsberichte der Reichsanstalt hinzuweisen. Das Gefäß des Gasthermometers war aus Berliner Porzellan, das Meßgas Stickstoff, der aus Ammoniumnitrit gewonnen wurde. Der Ofen, in welchem sich das Gefäß des Gasthermometers, Platinthermometer und Thermoelement befanden, bestand aus einem mit Nickeldraht bewickelten Porzellanrohr, in üblicher Weise durch Schamottehüllen gegen Wärmeabgabe möglichst isoliert. Zwei Hülfsthermoelemente bestimmten im Ofen den Temperaturabfall, welcher in Rücksicht auf die räumliche Ausdehnung des Gasgefäßes nicht zu vernachlässigen war.

Für die Messung der Thermokraft der Thermoelemente diente ein von Hrn. Harker besonders konstruierter Kompensationsapparat aus Manganinwiderständen, über den bereits früher in *dieser Zeitschr.* **24.** *S. 184. 1904* berichtet worden ist. Der Widerstand der Platinthermometer wurde mit einer Brückenschaltung bestimmt, deren Einzelwiderstände aus Platinsilber bestanden.

Die vorliegende Arbeit bietet deshalb ein über ihren nächsten Zweck hinausgehendes Interesse, weil einerseits die benutzten Thermoelemente vorher durch eine besondere Vergleichung an die Skale der Reichsanstalt angeschlossen waren, andererseits das eine der beiden Platinthermometer bereits früher durch den Verf. und Hrn. Chappuis im *Bureau International* in Sèvres mit dem dortigen Gasthermometer verglichen worden ist (vgl. das Referat in *dieser Zeitschr.* **20.** *S. 303. 1900*).

Die vorliegende Arbeit gibt also eine Vergleichung der an den drei Anstalten in höheren Temperaturen zurzeit benutzten Temperaturskalen.

Das Ergebnis dieser Vergleichung ist insofern befriedigend und für die Verwendung amtlich geprüfter Temperaturmesser wichtig, als sich eine *hinreichende Übereinstimmung der drei Skalen* herausgestellt hat. Die Meßgenauigkeit der vorliegenden Untersuchung dürfte, von vereinzelten größeren Abweichungen (bis zu 6°) abgesehen, im Mittel etwa $\pm 2°$ betragen, also diejenige Grenze einhalten, welche durch die Thermoelemente gesteckt ist.

Hinsichtlich der Platinwiderstandsthermometer hat die Arbeit von neuem bestätigt, daß eine die Abhängigkeit des Widerstandes von der Temperatur darstellende quadratische Formel die gasthermometrischen Temperaturen über 0° innerhalb der Meßgenauigkeit des Gasthermometers wiedergibt. Nach Hrn. Callendars Vorgang legt man die Konstanten der Formel zweckmäßig durch Messung des Widerstands beim Eispunkt, beim Normal-Wassersiedepunkt und beim Normalsiedepunkt des Schwefels fest und verfährt zur rechnerischen Auswertung in der Weise, daß man zu dem gemessenen Widerstand W zuerst die „Platintemperatur"

$$t_p = 100 \frac{W - W_0}{W_{100} - W_0}$$

berechnet, unter W_0, W_{100} die Widerstände bei 0° bezw. 100° verstanden. Die Abweichung von der wahren Temperatur t wird dann gegeben durch die Formel

$$t - t_p = \delta \cdot \left[\left(\frac{t}{100}\right)^2 - \frac{t}{100}\right],$$

worin δ einen vom Material abhängigen und durch die Messungen beim Schwefelsiedepunkt zu bestimmenden Koeffizienten bedeutet, der für reines Platin nahe 1,5 beträgt. Der Verf. gibt zum Schluß seiner Arbeit zwei Tabellen, welche die Rechnungen bei der Benutzung eines Platinthermometers ungemein erleichtern, deren erste t als Funktion von t_p für $\delta = 1,5$ enthält, während die zweite die für eine Änderung von δ um 0,01 eintretenden Korrektionen angibt. Weshalb die erste Tabelle auch die Werte von t unter 0° bis $-200°$ enthält, ist nicht einzusehen, da doch die Formel, wie bekannt, ihre Gültigkeit dort verloren hat. Die zweite Tabelle ist in der letzten Dezimale zwar nicht richtig, der Fehler kommt jedoch für die meisten Zwecke erst bei größeren Abweichungen von $\delta = 1,5$ in Frage. *Rt.*

Über das Thermoelement als Mittel zur Bestimmung tiefster Temperaturen.

Von J. Dewar. *Chem. News.* **92.** *S. 169. 1905.*

Gasthermometer und Widerstandsthermometer sind zur Messung der bisher erreichten tiefsten Temperaturen wenig geeignet. Die Temperatur des schmelzenden und festen Wasserstoffs bestimmte der Verf. mit einem Thermoelement aus Neusilber-Platin. Um konstante Thermokräfte zu erhalten, muß das Element vor der Eichung mehrfach in flüssiger Luft und flüssigem Wasserstoff abgekühlt und dann rasch auf Zimmertemperatur erwärmt werden.

Das Element wurde durch einen Widerstand und ein Galvanometer geschlossen. Die bei den verschiedenen Temperaturen auftretende Widerstandsänderung des Elements wurde berücksichtigt. Die Eichung geschah für sechs bekannte Temperaturdifferenzen, die jedesmal etwa 10° bis 30° betrugen und durch siedende oder schmelzende Gase und Dämpfe er-

zeugt wurden. Diese Beobachtungen ergaben die Änderung der Thermokraft E mit der Temperatur t für Mitteltemperaturen der Lötstellen im Temperaturgebiet von 40° bis 280° abs. Um tiefer liegende Temperaturen zu bestimmen, mußte die Thermokraft extrapoliert werden. Für den ganzen Temperaturbereich ist dE/dt keine lineare Funktion der Temperatur und also E nicht als Funktion zweiten Grades von t darstellbar. Der Verf. verfährt so, daß er nur die für die tiefsten Temperaturen $t = 107$, 84, 70 und 41,5° abs. erhaltenen Werte von dE/dt berücksichtigt, um aus ihnen eine quadratische Beziehung zwischen Thermokraft und Temperatur abzuleiten. Für die Messungen in der Nähe des Siedepunktes von Wasserstoff (20,5° abs.) wird als wahrscheinlichste Formel $E = \frac{t - 20{,}5}{8{,}64}[(t - 20{,}5) + 85{,}8]$ angegeben. Doch beträgt die Unsicherheit der Extrapolation etwa 1°. Das Element hat bei 6° abs. nach dieser Formel noch die halbe Empfindlichkeit wie bei 10,5° abs.

Bei der Bestimmung der Temperatur des schmelzenden und des festen Wasserstoffs befand sich die zweite Lötstelle in siedendem Wasserstoff. Wasserstoff schmilzt nach diesen Messungen bei 15,0° abs. Die Temperatur des festen Wasserstoffs, den man dadurch erhält, daß man das flüssige Gas unter einem Druck von etwa 20 *mm* Hg plötzlich verdampfen läßt, wurde zu 13,5° abs. gefunden. Diese Temperatur wurde früher mit dem Heliumthermometer zu 14,34° abs. ermittelt.

Der Schmelzpunkt des Wasserstoffs wurde früher (vgl. *diese Zeitschr.* **19.** *S. 378. 1899*) angenähert zu 16° bis 17° abs. angegeben. Dieser Bestimmung lag die Rankinesche Formel zugrunde, die den Dampfdruck p als Funktion der Temperatur t darstellt. Die früher hierfür angebene Formel wird jetzt nach anderweitig angestellten Versuchen korrigiert und lautet in der verbesserten Gestalt $\log p = 6{,}2871 - 68{,}02\ t$. Da für den Schmelzpunkt des Wasserstoffs $p = 55$ *mm* beträgt, ergibt sich hieraus $t = 14{,}96°$ abs. in guter Übereinstimmung mit den Angaben des Thermoelements. *Henning.*

Über die Vergleichung elektrischer Felder durch oszillierende, geladene Nadeln.

Von D. Owen. *Phil. Mag.* **11.** *S. 402. 1906.*

Bringt man ein an einem Quarzfaden hängendes, nadelförmiges Metallstück in ein elektrisches Feld, so werden auf ihm Ladungen induziert, und es stellt sich infolgedessen in die Richtung der Kraftlinien. Wird die Nadel aus dieser Gleichgewichtslage um einen kleinen Winkel abgelenkt, so vollführt sie Schwingungen, deren Dauer T, wie leicht einzusehen ist, umgekehrt proportional der Feldstärke ist. Übt der Aufhängefaden auch ein merkliches Drehmoment aus, so bestimmt man noch die Schwingungsdauer T_0 im elektrischen Felde 0; dann ist das Feld proportional $\sqrt{1/T^2 - 1/T_0^2}$.

Natürlich wird in unmittelbarer Umgebung der Nadel das elektrische Feld durch das Vorhandensein der Nadel gestört. Wie weit sich diese Störung erstreckt, wurde im Luftraum eines Luftkondensators untersucht, indem die Schwingungsdauer der Nadel in verschiedenen Abständen von den Kondensatorplatten gemessen wurde. Es ergab sich, daß von der Störung nichts zu bemerken war, wenn die Nadelenden mindestens 3 Nadellängen von den Platten entfernt waren.

Es wurden Versuche mit verschiedenen Nadeln gemacht, um die günstigste Form zu finden. Im allgemeinen ist eine Nadel aus Aluminium von 1,5 *cm* Länge und 1 *mm* Durchmesser zu empfehlen.

Bringt man nun die Nadel in das Innere eines Glaszylinders, so ist im Innern des Glaszylinders von dem elektrischen Feld nichts mehr zu merken. Die geringe Leitfähigkeit des Glases genügt, um die Wirkung des Feldes ebenso abzuschirmen, wie es ein Metallzylinder tun würde. Ähnliche Beobachtungen macht man mit Glimmer und anderen Isoliermaterialien. Hier verschwindet aber die Schirmwirkung auf kurze Zeit, wenn man das Isoliermaterial erwärmt. Daraus folgt, daß zuweilen die Schirmwirkung von einer Feuchtigkeitshaut auf der Oberfläche ausgeht. Es zeigte sich aber, daß man durch eine dünne Paraffinhaut diese Oberflächenleitung vollständig beseitigen kann.

Die durch die geringe Leitfähigkeit der Materialien verursachte Schirmwirkung verschwand, wenn man ein periodisches elektrisches Feld von hoher Frequenz (1700) anwandte. Soll also die Methode benutzt werden, um Dielektrizitätskonstanten zu messen, so müssen Wechselpotentiale angewandt werden.

Natürlich kann die Methode auch gebraucht werden, um hohe Spannungen zu messen. Ist nämlich d der Plattenabstand eines Luftkondensators, so ist die Potentialdifferenz, die an die Platten gelegt ist, proportional d/T, wo T wiederum die Schwingungsdauer der zwischen den Platten befindlichen Metallnadel bedeutet. *E. O.*

Ein neues Meßgerät für schwache Wechselströme.

Von W. Voege. *Elektrotechn. Zeitschr.* **27.** *S. 467. 1906.*

Feußner[1]) hatte früher vorgeschlagen, die in einem Hitzdraht von dem zu messenden Strome erzeugte Wärme durch ein Thermoelement zu messen. Voege hat dies nun mittels einer Anordnung[2]) ausgeführt, die von der bekannten Benutzung des Thermoelementes zum Nachweis elektrischer Schwingungen ausgeht. Im Punkte P (vgl. die Figur) eines Platindrahtes, der von dem zu messenden Strome durchflossen wird, ist ein Eisen- und ein Konstantan-Draht (Fe bezw. K) angelötet, die durch ein Galvanometer geschlossen sind. Für die Gleichstromeichung ist es notwendig, zwei Messungen bei umgekehrter Stromrichtung im Platindraht auszuführen, weil P jedenfalls kein mathematischer Punkt ist und infolgedessen ein, wenn auch geringer Spannungsabfall im Hitzdraht sich bemerklich macht. Die Empfindlichkeit läßt sich, wie bekannt, dadurch erhöhen, daß man das Thermoelement in eine Glasglocke bringt, die ausgepumpt wird.

Mit einem Spiegelgalvanometer von Siemens & Halske, dessen Spulenwiderstand etwa 30 Ohm betrug, erhielt man bei 2,5 m Skalenabstand folgende Zahlen:

Strom im Hitzdraht in Ampere	Ausschlag in Millimeter	
	bei gewöhnlichem Luftdruck	nach dem Auspumpen
0,010	29,7	157
0,020	121,0	643
0,035	374,0	—

E. O.

Über ein hochempfindliches Zeigerelektrometer.

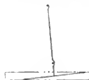
Von F. Dolezalek. *Zeitschr. f. Elektrochem.* **12.** *S. 611. 1906.*

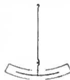
Das vom Verf. beschriebene empfindliche und leicht transportable Zeigerelektrometer hilft einem seit langem empfundenen Bedürfnisse der elektrischen Meßtechnik ab. Für elektrochemische Zwecke, wenn es z. B. darauf ankommt, die elektromotorische Kraft galvanischer Kombinationen von beliebig großem Widerstand und beliebiger Polarisation zu ermitteln, für Messungen auf dem Gebiet der radioaktiven Strahlung, auf dem meist das ungenaue Blattelektrometer in Gebrauch ist, wie schließlich auch für die Messung effektiver Wechselspannungen wird das Instrument vorzügliche Dienste leisten.

Ein viel benutzter Vorläufer des neuen Elektrometers, das Thomsonsche Multizellular-Zeigervoltmeter[3]), wird von dem vorliegenden Apparat bedeutend übertroffen. Gute Dämpfung, gleichmäßige (proportionale) Skale und größere Empfindlichkeit bei viel einfacherer Konstruktion zeichnen ihn vor jenem aus und stellen ihn in eine Reihe mit den modernen Präzisionsinstrumenten für Gleich- und Wechselstrom.

[1]) *Voits Sammlg. elektrotechn. Vorträge* **1.** *S. 141. 1897.*
[2]) Der Apparat ist durch F. Ehrenberg, Hamburg, Herrlichkeit 49, zu beziehen.
[3]) Vgl. *diese Zeitschr.* **10.** *S. 369. 1890.*

Für die Konstruktion sind folgende Gesichtspunkte maßgebend gewesen. Die Empfindlichkeit des bekannten Thomsonschen Quadrantelektrometers ist durch drei Faktoren bestimmt, durch die Feinheit des leitenden Fadens, an dem die leichte metallische Nadel aufgehängt ist, durch die Größe der Längsachse der Nadel und durch die Höhe der vierteiligen Metallbüchse (Quadrantschachtel). Bei einem transportablen Zeigerinstrument darf man mit der Stärke des Fadens nicht unter gewisse, durch die Haltbarkeit bedingte Werte herabgehen. Verf. sucht daher die hohe Empfindlichkeit durch Vergrößern der Nadelachse und durch Verminderung der Schachtelhöhe zu erreichen. Der Versuch zeigte ihm jedoch, daß dies nicht ohne weiteres möglich ist, weil bei Verwendung sehr enger Schachteln die auf hohes Potential geladene Nadel sich in labilem Gleichgewicht befindet und gegen die Quadrantenschachtel pendelt (Fig. 1). Er vermeidet diese Schwierigkeit dadurch, daß er sowohl Nadel wie Schachtel in Kugelschalenform bringt (Fig. 2), und zwar derartig, daß der Krümmungsmittelpunkt der Kugelschalen mit dem Aufhängepunkt zusammenfällt. Bei dieser Anordnung kann eine Annäherung der Nadel an die Wandung der Schachtel bei Drehung um den Aufhängepunkt nicht erfolgen, und die Nadel befindet sich auch bei enger Schachtel in stabilem Gleichgewicht. Auf diese Weise erreicht der Verf. die erforderliche Empfindlichkeit und gleichzeitig eine genügende Luftdämpfung.


Fig. 1.


Fig. 2.

Um bei Ladung der Nadel auf ein bestimmtes hohes Potential den an die Quadranten gelegten Spannungen proportionale Ausschläge zu erzielen, die auch bei Verwendung kurzer Zeiger genügend groß sind, hat Verf. das hierfür ungeeignete Quadrantensystem durch ein Binantensystem nach dem von Blondlot und Curie[1]) verwandten Prinzip ersetzt.

Die Schachtel (Fig. 3) ist durch einen einzigen Durchmesser in zwei voneinander isolierte Teile Q_1 und Q_2 getrennt. Die Nadel besteht aus einer Scheibe von dünnstem Aluminiumblech, welche gleichfalls aus zwei voneinander isolierten Halbscheiben N_1 und N_2 zusammengesetzt ist. Nadel und Schachtel sind aus dem oben angegebenen Grunde in Kugelschalenform gebracht. Die Zuleitung zur einen Hälfte der Nadelscheibe wird durch den oberen Draht bewirkt, diejenige zur zweiten durch den unteren, lose herabhängenden Draht (Fig. 4).

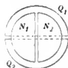


Fig. 3.

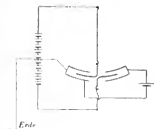


Fig. 4.

Wurde das Instrument analog der Quadrantschaltung des Quadrantelektrometers geschaltet (N_1 und Q_1 geerdet, zwischen N_1 und N_2 das Hülfspotential P, zwischen Q_1 und Q_2 das zu messende Potential Q), so erhält der Verf. bis zu einem Winkel von 60° der Größe Q proportionale Ausschläge.

Proportionalität der Ausschläge mit Q bis zu Winkeln über 100° erreicht er durch einen Kunstgriff, indem er nämlich die Hülfsspannung P auf die beiden Halbscheiben der Nadel gleichmäßig verteilt, also N_1 auf das Potential $+P/2$, N_2 auf das Potential $-P/2$ ladet (Fig. 4). Es geschieht dies in der bekannten Weise entweder, indem man die elektrische Mitte der Spannungsbatterie erdet und ihre Pole mit N_1 und N_2 verbindet, oder, indem man die Batterie durch einen großen Widerstand (10^5 Ohm) schließt, dessen Mitte man erdet, und dessen Enden man an die Nadelhälften legt.

Mit einer Nadelladung von ± 100 Volt und einem Platinfaden von 0,01 *mm* Dicke und 5 *cm* Länge hat Verf. folgende Resultate erhalten:

[1]) *Compt. rend.* **107.** *S. 864. 1888*; Referat in *dieser Zeitschr.* **9.** *S. 149. 1889.*

Volt	Ausschlag in Grad	
	gemessen	berechnet
2,0	15,0	14,9
4,0	30,0	29,8
6,0	44,2	44,7
8,0	60,4	59,6
10,0	77,3	74,5
12,0	91,1	89,4
13,0	101,8	96,8

Die erste Spalte enthält die an die Binanten gelegte Potentialdifferenz, die zweite die Ausschläge in Grad, die dritte die unter der Annahme vollständiger Proportionalität berechneten Ausschläge. Die z. T. immerhin mehrere Prozent betragenden Abweichungen von der vollkommenen Proportionalität erklärt der Verf. daraus, daß die an die Schachtel angelegte Spannung einseitig und nicht in der elektrischen Mitte geerdet ist, was meist unausführbar sein wird. Diese Abweichungen können entweder direkt bei Herstellung der Skale berücksichtigt oder an den abgelesenen Ausschlägen als Korrektionen angebracht werden.

Durch Verwendung eines Fadens von 0,007 *mm* Dicke oder Anwendung höherer Ladespannungen, soll sich die Empfindlichkeit noch fünffach steigern lassen, doch ist dann die Proportionalität der Ausschläge unvollkommen.

In idiostatischer Schaltung sind die Ausschläge über die ganze Skale nahe dem Quadrat der Spannung proportional, wie folgende Tabelle zeigt.

Volt	Ausschlag in Grad	
	gemessen	berechnet
10,0	3,7	3,8
20,0	15,3	15,0
30,0	33,9	33,8
40,0	62,0	60,2
50,0	95,6	94,0

Das Instrument ist in dieser Schaltnng für die Messung von Wechselspannungen sehr geeignet. Verf. hat bis zur Frequenz 3000 Abweichungen von den entsprechenden Gleichstromeinstellungen nicht wahrnehmen können.

Das Instrument besitzt ausschließlich Bernsteinisolationen. Seine Schwingungs- bezw. Einstellungsdauer ist nicht angegeben. Es ist aus der Werkstätte von G. Bartels in Göttingen zum Preise von 90 M. zu beziehen.

Zum Schluß sei ein Vergleich der Empfindlichkeit des neuen Instruments mit derjenigen der empfindlichsten Quadrantelektrometer angestellt. Das neue Instrument gibt in idiostatischer Schaltung für 1 Volt einen Zeigerausschlag von 0,0376 Grad. Denkt man sich den Apparat mit Spiegelablesung versehen, so gibt er also bei 2000 *mm* Skalenabstand für 1 Volt einen kommutierten Ausschlag von 5,24 *mm*. Dies gilt für den erwähnten Platinfaden von 0,01 *mm* Dicke und 5 *cm* Länge. Durch Wahl eines Fadens von 0,007 *mm* Dicke könnte nach dem obigen die Empfindlichkeit auf das Fünffache, d. i. auf 26,2 *mm* kommutierten Ausschlag für 1 Volt, gesteigert werden.

Ref. hat in der Reichsanstalt mit einem Spiegelquadrantelektrometer, über das nächstens berichtet werden wird, bei Verwendung von Platinfäden in idiostatischer Schaltung bei 2000 *mm* Skalenabstand für 1 Volt 72,5 *mm* kommutierten Ausschlag erhalten. Die Dämpfung war nahe aperiodisch, die Einstellung, die in etwa 40 Sek. erfolgte, so konstant, daß bequem mit 4000 *mm* Skalenabstand gearbeitet werden konnte, wobei also 145 *mm* kommutierter Aus-

schlag für 1 Volt erzielt wurde[1]). Außerdem sei noch bemerkt, daß durch bestimmte Justierungen am Elektrometer[2]) zu erreichen ist, daß die Ausschläge über die ganze, 1 *m* lange Skale bis auf Abweichungen von 1 Promille der angelegten Spannung proportional werden.

Falls man mit Spiegel und Skale arbeitet, ist also das Quadrantelektrometer bisher unübertroffen. *H. Sch.*

Neu erschienene Bücher.

E. C. C. Baly, *Spectroscopy.* 8°. VI, 568 S. m. 163 Abbildgn. London, Longmans Green & Co. 1905. Geb. in Leinw. 10,80 M.

Kein Geringerer als Sir William Ramsay ist zurzeit mit der Herausgabe einer Sammlung der Lehren der physikalischen Chemie beschäftigt, und zwar wird der reiche Stoff nicht in Form eines Handbuchs, sondern in einer Reihe von Einzeldarstellungen geboten, deren Umfang Ramsay selbst abgegrenzt haben dürfte, während er die Bearbeitung der einzelnen Bände zum Teil Anderen übertragen hat.

Der Verf. will die Spektroskopie von der praktischen Seite darstellen, die Arbeitsmethoden, die verschiedenen Arten von Instrumenten so ausführlich als möglich behandeln und dazu beitragen, noch mehr Mitarbeiter für dieses „bezaubernde und fruchtbare Arbeitsfeld" zu gewinnen. Die Grundlagen der Entstehung eines Spektrums sowie das Sonnenspektrum werden im ersten der beiden „historischen Kapitel" behandelt, die das Buch einleiten; das zweite enthält die Entdeckung des Infraroten und des ultravioletten Spektrums und führt mit raschen Schritten über wichtige Etappen in der Geschichte der Spektroskopie hinweg, bezüglich deren auf spätere Kapitel verwiesen wird, zu Rowlands photographischer Ausmessung des Sonnenspektrums, die als die unbestrittene Grundlage für Wellenlängenbestimmungen galt, bis durch die Arbeiten von Michelson, Fabry und Perot und Kayser die Überlegenheit der Interferenzapparate über die Gitterapparate nachgewiesen wurde. In Kap. III folgen auf mehr als 60 Seiten die Bestandteile eines Spektroskops (Spalt, Prisma, Objektiv), einige (veraltete) Spaltkonstruktionen, Prismen aller Art, praktische Tabellen über Dispersion, Reflexionsverluste als abhängig von Prismensubstanz, Einfalls- und Brechungswinkel, Achromasie des Objektivs und des Okulares. Die vollständigen Spektroskope und Spektrographen und deren Gebrauch werden im vierten und fünften Kapitel beschrieben; es sind meist Hilgersche Instrumente, darunter eines mit fester Ablenkung. Aus den Justiervorschriften und den Anweisungen über das Vergleichsspektrum ist die reiche Erfahrung des Verf. zu erkennen, die dem aufmerksamen Benutzer des Buches manche Enttäuschung ersparen wird. Verf. empfiehlt den Kondensor nur, um ein Bild der Lichtquelle auf den Spalt zu werfen; damit ist jedoch die Aufgabe des Kondensors nicht erfüllt; durch den Kondensor soll erreicht werden, daß das ganze Objektiv von Strahlen erfüllt wird, weil nur so die volle Schärfe der Spektrallinien erzielt wird. Zum Ausmessen der Spektrogramme wird das Meß-Mikroskop und der Stereokomparator empfohlen. Mit langen Tabellen von Wellenlängen gibt der Verf. sich nicht ab, sondern verweist auf Marshall Watts *Index of Spectra.*

An die erschöpfende Behandlung der Prismenapparate schließen sich in den nächsten Kapiteln die Beugungs- und die Stufengitter und deren Gebrauch an. In dem Abschnitte über das Infrarote und das ultraviolette Spektrum werden die Arbeiten von Langley, Rubens, Paschen und Schumann gebührend gewürdigt; insbesondere werden Schumanns Vakuumspektrographen, die ja auch ihre Entstehung einer seltenen Vereinigung von Aus-

[1]) Eine derartige Empfindlichkeit ist für die Messung der Stromstärke von Wechselströmen wünschenswert, wo es darauf ankommt, Wechselspannungen von 0,7 bis 1 Volt auf 1 Promille genau zu messen.

[2]) Vgl. den Tätigkeitsbericht der Reichsanstalt für 1905, *diese Zeitschr.* **26.** *S. 147. 1906.*

dauer, Begeisterung und Handfertigkeit verdanken, aufs ausführlichste an Hand von zehn Abbildungen beschrieben.

Auffallend ist, daß Lymans Bestimmung der Wellenlängen der Schumann-Strahlen (vgl. das Referat in *dieser Zeitschr.* **24.** *S. 334. 1904*) nicht erwähnt wird.

Kap. IX behandelt die Anwendung der Interferenzmethoden auf die Spektroskopie und führt von Michelson über Fabry und Perot bis zu Lummer und Barnes. In Kap. X ist eine Zusammenfassung von Wadsworths Arbeiten über die Leistungsfähigkeit des Spektroskops und des Spektrographen gegeben, in einer Ausführlichkeit, die mit der praktischen Tendenz des Buches kaum vereinbar ist. Es folgen dafür zwei an Ratschlägen reiche Kapitel über photographische Platten für jede Strahlengattung und über die Erzeugung von Emissions- und Absorptions-Spektren und die Untersuchung der letzteren. Das letzte Viertel des Buches ist der Natur der Spektren, dem Zeemann-Effekt, den Serien und der Veränderlichkeit der Wellenlängen (Dopplersches Prinzip) gewidmet; den Schluß bildet merkwürdigerweise eine ausführliche Beschreibung von Rowlands Teilmaschinen, die vielleicht als eine Anregung für die englische Präzisionsmechanik aufzufassen ist.

Balys Buch stellt eine knappe, übersichtliche Behandlung des außerordentlich umfangreichen Stoffes dar und hat in der deutschen Literatur nicht seinesgleichen. *Lö.*

Enzyklopädie der mathematischen Wissenschaften m. Einschluß ihrer Anwendungen. Hrsg. im Auftrage der Akademien der Wissenschaften zu Göttingen, Leipzig, München u. Wien sowie unter Mitwirkg. zahlreicher Fachgenossen. IV. Bd.: Mechanik. Red. v. F. Klein u. C. H. Müller. 2. Tl. 3. Hft. Lex. 8°. S. 281—472 m. Fig. Leipzig, B. G. Teubner 1906. 5,80 M.

W. Ostwald, Lehrbuch der allgemeinen Chemie. In 2 Bdn. II. Bd., 3. Tl.: Verwandschaftslehre 2. Tl. I. Lfg. 2., umgearb. Aufl. gr. 8°. S. 1—264 m. 203 Fig. Leipzig, W. Engelmann 1906. 7 M.

Elektrotechnik in Einzeldarstellungen. Unter Mitwirkg. hervorrag. Fachmänner hrsg. v Dr. G. Benischke. 8°. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn.

8. Heft. P. Högner, Lichtstrahlung u. Beleuchtung. IX, 66 S. m. 37 Fig. u. 6 Tab. 3 M.; geb. 3,50 M.

W. Miller, Instrumentenkunde f. Forschungs-Reisende. Unter Mitwirkg. von Ing. Prof. C. Seidel bearb. Lex. 8°. VIII, 186 S. m. 134 Abbildgn. Hannover, Dr. M. Jänecke 1906. 4,40 M.; geb. 5 20 M.

F. K. Ginzel, Handb. der mathematischen u. technischen Chronologie. Das Zeitrechnungswesen der Völker. I. Bd. Zeitrechnung der Babylonier, Ägypter, Mohammedaner, Perser, Inder, Südostasiaten, Chinesen, Japaner u. Zentralamerikaner. Mit 6 Fig. im Text, chronolog. Taf. u. 1 Karte. Lex. 8°. XII, 584 S. Leipzig, J. C. Hinrichs' Verl. 1906. 19 M.; geb. in Halbsaff. 22 M.

Männer der Wissenschaft. Eine Sammlg. v. Lebensbeschreibgn. zur Geschichte der wissenschaftl. Forschung u. Praxis. Hrsg. v. Dr. J. Ziehen. gr. 8°. Leipzig, W. Weicher.

6. F. Mathé, Karl Friedrich Gauß. 32 S. m. Titelbild. 1906. 1 M.

Bulletin *of the Bureau of Standards.* Hrsg. v. Dir. S. W. Stratton. roy. 8°. Bd. 1. Nr. 2. S. 125—289 m. 13 Taf. u. Fig. Washington 1905. 6 M.

E. B. Rosa u. F. W. Grover, *Absolute measurement of Inductance. Absolute measurement of Capacity.* Mit 3 Taf. — C. W. Waidner u. G. K. Burgess, *Optical Pyrometry.* — E. P. Hyde, *Theory of the Matthews and Russell-Léonard Photometers for the measurement of mean spherical and hemispherical Intensities.* — C. W. Waidner u. L. A. Fischer, *Testing of clinical Thermometers.* Mit 10 Taf.

Bd. 1. Nr. 1. S. 1—124. m. 3 Taf. u. Fig. 1904.

H. Poincaré, *Sur la dynamique de l'Electron.* gr. 8°. 48 S. Paris 1906. 3 M.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

XXVI. Jahrgang. **Oktober 1906.** Zehntes Heft.

Über thermokraftfreie Kompensationsapparate mit kleinem Widerstand.

Von

H. Diesselhorst in Charlottenburg.

(Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.)

In einer kürzlich hier erschienenen Mitteilung[1]) habe ich die Beschreibung eines bereits vor mehreren Jahren konstruierten und seither in Anwendung befindlichen fünfdekadigen Kompensationsapparates mit kleinem Widerstand gegeben, bei dem das bekannte Modell von Raps zugrunde gelegt und durch eine besondere Anordnung der Dekaden der Einfluß der Kontaktwiderstände so weit vermindert ist, daß der Gesamtwiderstand auf etwa 12 Ohm beschränkt werden konnte. Ein solcher Apparat gestattet eine sehr viel bessere Ausnutzung der Galvanometerempfindlichkeit als die üblichen Apparate mit 10000 Ohm. Daher kommt man z. B. bei Widerstandsvergleichungen mit geringerer Strombelastung, bei Strommessungen mit kleineren Abzweigwiderständen aus. Geht man aber zur Messung sehr kleiner Potentialdifferenzen über, so müssen außer den Kontaktwiderständen auch die kleinen thermoelektrischen Kräfte beachtet werden, die im Innern des Apparates besonders beim Drehen der Kurbeln auftreten. Aus den Tabellen von *S. 181 a. a. O.* ersieht man, daß diese Thermokräfte einige Zehntel Mikrovolt erreichen.

Es existieren nun zwei Kompensations-Meßanordnungen, die prinzipiell frei sind von diesen thermoelektrischen Störungen, nämlich die Anordnung von Lindeck[2]) und der Apparat von Hausrath[3]). Hier wird nämlich die Veränderung der kompensierenden Spannung nicht durch Verändern des Abzweigwiderstandes, sondern der Stromstärke bewirkt, die einen festen Abzweigwiderstand durchfließt[4]). Die beim Kurbeldrehen entstehenden Thermokräfte treten also nicht im Kompensationskreis, sondern im Hauptstromkreis auf, in dem sie gegenüber der Betriebsspannung verschwinden. Wenn es also auf die Messung sehr kleiner Spannungen ankommt, so sind diese beiden Anordnungen der von mir beschriebenen prinzipiell vorzuziehen. Sie finden andrerseits ihre Anwendungsgrenze darin, daß der Meßbereich bei der einfachen Anordnung von Lindeck nur der des benutzten Zeiger-Amperemeters ist

[1]) *Diese Zeitschr.* **26.** *S. 173. 1906.*

[2]) *a. a. O. S. 175. Nr. 5.*

[3]) *a. a. O. S. 175, Nr. 6.*

[4]) Verändern und Messen der Stromstärke neben der Widerstandsänderung ist bereits der ursprünglichen Poggendorffschen Kompensationsmethode eigen. F. Kohlrausch benutzte in einer speziellen Anwendung auf Thermokräfte die Veränderung der Stromstärke allein ohne Widerstandsänderung (*Pogg. Ann.* **141.** *S. 456. 1870*).

und bei dem Apparat von Hausrath sich auf zwei Kurbeldekaden und einen Schleifdraht beschränkt, und daß bei dem letzteren auch die Kontaktwiderstände das Erreichen der sonst möglichen Stellenzahl im Meßresultat hindern können.

Bei dem Versuch, den im Prinzip so vorzüglichen Hausrathschen Apparat von diesen Mängeln zu befreien, hat sich mir nun gezeigt, daß in der Tat großer Meßbereich und Freiheit von störenden Thermokräften sehr wohl zugleich erreicht werden können.

1. *Das thermokraftfreie Konstruktionselement von Hausrath.* Zweierlei ist für den Apparat von Hausrath charakteristisch. Das erste ist ein Konstruktionselement, dessen schon *a. a. O. S. 175* gegebene Beschreibung der Vollständigkeit halber hier kurz wiederholt sei. Es besteht aus zwei parallel geschalteten Reihen von je 10 Widerständen zwischen Kontaktklötzen (Fig. 1). Durch Verschieben eines Doppelkontaktes kann der eingeschaltete Teil beider Reihen zugleich variiert werden, und zwar sind die Widerstände so abgeglichen, daß der gesamte Verzweigungswiderstand konstant bleibt, das Verhältnis eines Zweigstroms zum Gesamtstrom aber in regelmäßigen Intervallen geändert wird. Die Kompensationsspannung wird an den Enden eines festen, von einem der Zweigströme durchflossenen Widerstandes abgenommen, wird also ebenfalls in regelmäßigen Intervallen geändert und ist frei von den Thermokräften der Kurbelkontakte.



Fig. 1.

2. *Anderes thermokraftfreies Konstruktionselement.* Man kann das Hausrathsche Grundelement durch ein anderes (Fig. 2) ersetzen, welches noch einige Vorzüge davor besitzt. Es besteht aus einem Ring von 10 gleichen Widerständen a zwischen Kontaktklötzen, die die Bezifferung 0 bis 9 tragen. Bei 0 wird der Strom J durch eine feste Verbindung zugeleitet. Die Ableitung erfolgt durch eine Kurbel bei einem der 10 Kontaktklötze. Steht die Kurbel auf x, so verzweigt sich der Strom durch die beiden Widerstände $x\,a$ und $(10-x)\,a$. Durch den zwischen 0 und 9 liegenden Widerstand, von welchem die Kompensationsspannung abgenommen wird, fließt der Teilstrom $i = \frac{x}{10} J$. Der Widerstand der Verzweigung zwischen 0 und x beträgt $\frac{x\,(10-x)}{10}\,a$, ändert sich also mit x, ist aber gleich für x und $10-x$. In der Stromableitung liegen entsprechende Zusatzwiderstände, wodurch dafür gesorgt ist, daß der Gesamtwiderstand und damit J konstant bleibt. Durch Drehen der Kurbel von 0 bis 9 läßt sich dann die Kompensationsspannung $e = a\,i = \frac{x}{10}\,a\,J$ über eine Dekade in gleichen Intervallen verändern, ebenfalls frei von Thermokräften.

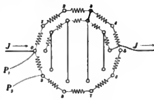


Fig. 2.

Die Vorzüge vor der Hausrathschen Anordnung bestehen darin, daß anstatt zweier Kontakte nur einer erforderlich ist, daß der Widerstand desselben nicht auf die Stromverzweigung, sondern nur auf den Hauptstromkreis, dem man großen Ballast-Widerstand geben kann, Einfluß hat, und endlich darin, daß man weniger Einzelwiderstände gebraucht und von diesen die 10 Meßwiderstände gleich und daher leicht justierbar sind, während die übrigen nur gegen einen großen Vorschaltwiderstand in Betracht kommen.

3. *Drittes thermokraftfreies Konstruktionselement.* Während bei dem vorigen Konstruktionselement ebenso wie bei dem Hausrathschen das Prinzip angewandt ist,

das auch der Lindeckschen Anordnnng zugrunde liegt, nicht den Kompensationswiderstand, sondern den Kompensationsstrom zu verändern, kann man auch das Prinzip der Widerstandsänderung beibehaiten nnd doch den gleichen Erfoig erzieien, daß die Kompensationsspannung frei von den Thermokräften der Kurbelkontakte ist. Dies leistet die in Fig. 3 skizzierte Anordnung. Sie besteht ans zwei Reihen von je 10 Widerständen zwischen Kontaktklötzen. Die Widerstände sind sämtlich gleich. Der Strom wird am Ende der einen Reihe eingeführt, geht durch einen verschiebbaren Kontakt in die zweite Reihe über und tritt am andern Ende dieser ans, sodaß der Gesamtwiderstand bei jeder Steilnng des Kontaktes der gleiche ist. Die Kompensationsspannnng wird an den Enden P_1 P_2 einer Reihe abgezweigt, hat also, wenn a der Wert eines Einzelwiderstandes ist, bei der Kontaktstellung x die Größe $e = x\,a\,J$, frei von den Thermokräften des Kontaktes. Während durch Verschieben der Knrbel die Größe des stromdurchflossenen Widerstandes im Kompensationskreis geändert wird, bleibt doch der Gesamtwiderstand darin konstant $w = 10\,a$. Es scheint znnächst, als wäre dieser zehnmal größer als in den beiden vorigen Konstruktionselementen, wo nur ein Einheitswiderstand im Kompensationskreis liegt. Dafür kann jedoch der Einheitswiderstand hier zehnmal kleiner gewählt werden, sodaß bei gleichem Kompensationswiderstand die gleiche Kompensationsspannung bei allen drei Grnndelementen durch den gleichen Gesamtstrom erreicht wird.



Fig. 3.

Genane Abgleichung der Einzelwiderstände ist nnr in der ersten Reihe erforderlich, da die zweite als Ersatzwiderstand dient und ihre Fehler nnr gegen den gesamten Widerstand des Hauptstromkreises in Betracht kommen. Das letztere gilt ebenso wie in der Anordnnng 2 von dem Widerstand des Kurbelkontaktes.



Fig. 4.

4. *Zusammensetzung der Konstruktionselemente zum Apparat.* Gegenüber dem Grnndelement der bisher gebräuchlichen Kompensationsapparate (Fig. 4), bei welchem die Kompensationsspannnng durch eine Knrbel abgezweigt wird, haben die drei oben skizzierten Anordnnngen den Vorteil der Freiheit von Thermokräften dnrch eine größere Zahl der erforderlichen Einzelwiderstände erkauft. Im übrigen haben sämtliche Anordnnngen die Eigenschaft gemeinsam, daß eine Abzweigstelie der Kompensationsspannung inmitten der Anordnnng, die andere an einem Ende, d. h. an der Stromznleitnngsstelle, liegt. Darans geht hervor, daß man nur von zwei Grundelementen durch Hintereinanderschaiten die Kompensationsspannungen addieren kann, wodurch man eine Unterteilnng der Spannung in zwei Dekaden erhält.

Bei den Apparaten mit großem Widerstand sind zwei Wege üblich, die übrigen Dekaden zn erhaiten. Der von O. Wolff ausgeführte Feußnersche Apparat schaltet Widerstand zwischen die beiden Grundelemente. Da hier sämtliche Kontaktwiderstände voll in den Kompensationswiderstand eingehen, so ist die Methode für Apparate mit kleinem Widerstand nicht branchbar.

Die zweite Art besteht darin, nach dem Vorgang von Raps in der Anordnnng von Fig. 4 die Potentiaiabzweigung nicht durch eine einfache Knrbel an einem Kontaktklotz, sondern durch einen mittels Doppelkurbel verschiebbaren Spannungsteiler an einem Zwischenpnnkte zwischen zwei Kontaktklötzen vorznnehmen. Bei dieser Methode läßt sich zwar der Einfluß der Kontaktwiderstände hinreichend herabdrücken, aber die Thermokräfte an den Kontakten bleiben bestehen.

5. *Hausraths Methode der Zusammensetzung von Konstruktionselementen unter Subtraktion der Kompensationsspannungen.* Eine ganz andere und neue Methode, die Konstruktionselemente zu vereinigen, bildet den zweiten für den Hausrathschen Apparat charakteristischen Punkt. Anstatt nämlich sie in Serie zu schalten wie bei den älteren Apparaten, legt er sie parallel, sodaß die resultierende Kompensationsspannung nicht aus der Summe der beiden Einzelspannungen, sondern aus ihrer Differenz gebildet wird. Dadurch ergibt sich zugleich die Möglichkeit, eine dritte thermokraftfreie Dekade anzubringen.

Wie in Fig. 5 skizziert ist, verbindet Hausrath die Enden der Grundelemente durch einen Widerstandsdraht, an dem die Stromzuführung durch einen Schleifkontakt K bewirkt wird. Die Differenz der zwischen K und P_1 bezw. K und P_2 liegenden Einzelspannungen gibt die Kompensationsspannung an P_1 P_2.

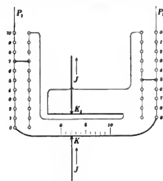


Fig. 5.

Durch Verschieben des Kontaktes K läßt sich diese stetig ändern innerhalb eines Intervalles, das man durch geeignete Wahl der Größe des Widerstandsdrahtes gleich einer Einheit der zweiten Dekade machen kann.

Damit das Verhältnis der Zweigströme nicht geändert wird, muß die Stromabnahme an einem gleichen Draht durch einen Schleifkontakt K_1 erfolgen, der mit dem ersten an einer gemeinsamen Führung sitzt. Bei der in Fig. 5 gezeichneten Anordnung bleibt dann bei jeder Einstellung der Widerstand beider Zweige konstant. Die Figur stellt direkt den von Hausrath angegebenen Kompensationsapparat dar, nur mit dem Unterschied, daß das von ihm benutzte Grundelement 1 ersetzt ist durch das Grundelement 3, wodurch der Einfluß der Kurbelkontaktwiderstände, den ich früher als Mangel der Hausrathschen Anordnung empfand, beseitigt ist. Dasselbe hätte auch das Grundelement 2 geleistet.

Um das Anwendungsgebiet des Apparates festzulegen, bleibt nur noch der Einfluß der Schleifkontakte K K_1 zu untersuchen, die nur gegen den Gesamtwiderstand des Hauptstromkreises in Betracht kommen. Hausrath hat mit Recht darauf hingewiesen, daß der Widerstandsdraht sehr dick (5 *mm*) gewählt werden kann, und daß man daher einen ziemlich guten Kontakt erwarten darf. Andrerseits ist zu beachten, daß ein momentanes Versagen infolge von Staubteilen od. dgl. bei einem am Draht laufenden einzelnen Gleit- oder Rollkontakt nicht mit derselben Sicherheit ausgeschlossen werden kann wie bei den aus mehreren kräftigen Federn bestehenden Kurbelkontakten. Durch ein solches Versagen würde aber die ganze Spannungskompensation momentan aufgehoben und dem Galvanometer ein starker Strom zugeführt werden. Auf diese Schleifkontakte muß also ganz besondere Sorgfalt verwandt werden, und man wird vermuten, daß der Apparat auf die Messung kleiner Spannungen, etwa höchstens bis 0,01 Volt, zu beschränken ist.

Natürlich läßt sich der Schleifdraht auch durch eine Kurbeldekade mit festen Widerständen ersetzen, bei der ein sicherer Kontakt verbürgt ist; aber der Meßbereich von drei Dekaden ist dann unbequem klein. Ein Hinzufügen weiterer von Thermokräften freier Dekaden scheint bei dem ursprünglichen Hausrathschen Modell nicht möglich und ist bei der in Fig. 5 gezeichneten Abänderung nur dann

ausführbar, wenn man Dreifach-Kurbelkontakte zu Hülfe nimmt, wovon wegen der technischen Kompliziertheit abgesehen werden muß.

6. *Apparate, bei welchen nur die letzten Dekaden frei von Thermokräften sind.* Nicht nur im Kompensationsapparat, sondern auch in anderen Teilen des Meßkreises, vor allem im Galvanometer, können störende Thermokräfte vorhanden sein. Um diese zu eliminieren, muß jede Messung, bei welcher sie überhaupt in Betracht kommen, mit Kommutieren ausgeführt werden. Dabei fallen die Thermokräfte im Kompensationsapparat gleichfalls fort, soweit sie nicht durch Drehen der Kurbeln nach dem Kommutieren verändert werden. Da nun nach dem Kommutieren nur ein geringes Verstellen erforderlich ist, so genügt es offenbar, wenn nur die letzten Dekaden von Thermokräften frei sind.

6a. *Vereinfachter Hausrathscher Apparat.* Zunächst kann man daher ohne Nachteil die Anordnung von Fig. 5 weiter vereinfachen, indem man zu den beiden ersten Dekaden das ursprüngliche, aus nur einer Widerstandsreihe bestehende Grundelement von Fig. 4 verwendet. So entsteht das in Fig. 6 skizzierte Schema eines vereinfachten Hausrathschen Apparates. Zum Eliminieren der Thermokräfte wird man nach dem Kommutieren stets nur den Schleifkontakt etwas zu verschieben brauchen, wenn nur, was auch sonst Bequemlichkeiten bietet, der Meßbereich des Schleifdrahtes etwas größer gewählt ist, als einer Einheit der zweiten Dekade entspricht.

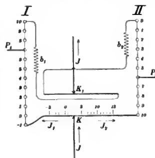


Fig. 6.

Da die Herstellung des Apparates — unter der Voraussetzung einer guten Ausführung des Doppelschleifkontaktes KK_1 — sehr empfohlen werden kann, wollen wir die Beschreibung vervollständigen durch die nötigen Angaben über die Größe der einzelnen Widerstände. Der zugeführte Strom J zerteilt sich in die beiden Zweigströme J_1 und J_2, die die erste bezw. zweite Dekade durchfließen. Die erste Dekade enthält 11 gleiche Widerstände a_1, die zweite 10 gleiche Widerstände a_2. Die dritte besteht aus den Teilstrichen 0 bis 10 des Doppelschleifdrahtes, der an beiden Enden einige Teilstriche mehr umfaßt, von denen die über 0 hinausliegenden negativ gezählt werden. Die Kontaktklötze — 1 der ersten und 10 der zweiten Dekade dienen zur Justierung. Der Widerstand des Meßdrahtes für die Länge eines der Einheit der dritten Dekade entsprechenden Intervalles sei a_3. Die Enden des Meßdrahtes von den Teilstrichen 0 bezw. 10 an bis zur ersten bezw. zweiten Dekade mögen die Widerstände $n_1 a_3$ bezw. $n_2 a_3$, der ganze Meßdraht also $(10 + n_1 + n_2) a_3$ haben. Das Verhältnis der Zweigströme, das beim Verschieben des Doppelkontaktes KK_1 konstant bleibt und durch die Widerstände b_1 und b_2 auf einen bestimmten Wert gebracht werden kann, sei $J_1/J_2 = m$, sodaß man hat

$$J_1 = \frac{m}{m+1} J \qquad J_2 = \frac{1}{m+1} J.$$

Sind nun x_1, x_2, x_3 die Stellungen der drei Kontakte, so erhält man als Kompensationsspannung zwischen P_1 und P_2 die Differenz

$$e = [(x_1 + 1) a_1 + (x_3 + n_1) a_3] J_1 - [(10 - x_2) a_2 + (10 - x_3 + n_2) a_3] J_2$$

oder

$$e = [x_1 a_1 J_1 + x_2 a_2 J_2 + x_3 a_3 J] + [a_1 J_1 - 10 a_2 J_2] + [n_1 J_1 - (10 + n_2) J_2] a_3.$$

Diese Spannung soll die Größe haben

$$e = 10^{\nu} J \left[\frac{x_1}{10} + \frac{x_2}{100} + \frac{x_3}{1000} \right],$$

wo ν eine positive oder negative ganze Zahl ist. Mit Berücksichtigung der Werte von J_1 und J_2 erhält man daraus die Bedingungsgleichungen

$$a_1 = \frac{m+1}{10\,m} 10^{\nu}$$

$$a_2 = \frac{m+1}{100} 10^{\nu}$$

$$a_3 = \frac{1}{1000} 10^{\nu}$$

$$n_2 = m\,n_1 - 10.$$

Hierzu kommt für die beiden Vorschaltwiderstände b_1 und b_2 die Näherungsgleichung

$$b_2 = m\,(b_1 + 10\,a_1),$$

in welcher von dem geringen Widerstand der Schleifdrähte abgesehen ist.

Der Gesamtwiderstand im Hauptstromkreis zwischen den Stromzuleitungen K und K_1 beträgt angenähert

$$W = 1{,}1 \cdot 10^{\nu} + \frac{m}{m+1}\, b_1.$$

Für $\nu = 0$ und $m = 5$ ergibt sich z. B. das Modell

$$a_1 = 0{,}12 \text{ Ohm}$$
$$a_2 = 0{,}06 \text{ „}$$
$$a_3 = 0{,}001 \text{ „}$$
$$n_2 = 5\,n_1 - 10 \text{ Teilstriche.}$$

Nimmt man ferner

$$b_1 = 106{,}7 \text{ Ohm},$$

so wird

$$b_2 = 539{,}5 \text{ Ohm},$$

und man erhält für den Gesamtwiderstand

$$W = 90 \text{ Ohm}.$$

Hat man dann einen Meßdraht von passender Stärke ausgewählt, so ergibt sich aus dem Wert für a_3 die Länge eines Intervalles der Teilung. Verwendet man Manganin, so wird für einen Draht oder ein Band von n *qmm* Querschnitt diese Länge gleich $n \cdot 2{,}5$ *mm*.

Die Widerstandsreihen a_1 und a_2 müssen von vornherein richtig gemacht werden, während im übrigen die Feinjustierung, nämlich die genaue Abgleichung des Verhältnisses $1 : m$ der beiden Zweigwiderstände und die Herstellung der Skale für den Meßdraht, nach der Zusammensetzung des Apparates geschieht. Zu dem Zweck wird zunächst P_1 auf -1 und P_2 auf 10 gestellt und der Doppelkontakt $K\,K_1$ so verschoben, daß die Spannung an $P_1\,P_2$ verschwindet, daß also beim Kommutieren oder Öffnen des Stromes J ein an $P_1\,P_2$ liegendes Galvanometer keinen Ausschlag gibt. Darauf stellt man P_1 und P_2 auf 0, ohne $K\,K_1$ zu verschieben, und gleicht b_1 oder b_2 so ab, daß wieder keine Spannung an $P_1\,P_2$ liegt. Ist die vorzunehmende Änderung beträchtlich, so muß das Verfahren wiederholt werden. Eine sehr feine Änderung läßt sich eventuell durch Verstellen des Kontaktes K_1 allein bezw. durch Längsverschieben des zu ihm gehörenden Schleifdrahtes bewirken.

Wenn so die richtige Stromverzweigung hergestellt ist, hat man zugleich in der Stellung von K den Teilpunkt 0 der Skale des Meßdrahtes. Den Punkt 10 findet man, wenn man P_1 auf -1, P_2 auf 9 stellt und KK_1 verschiebt, bis wieder die Kompensationsspannung an $P_1 P_2$ verschwindet. Danach kann die ganze Skale gleichmäßig geteilt werden.

6b. *Apparat mit 5 Dekaden.* Einen fünfdekadigen Apparat kann man nach dem Schema konstruieren, das in Fig. 7 skizziert ist. Dies entsteht aus Fig. 6, wenn zunächst der Doppelschleifdraht durch eine Doppelreihe von Widerständen ersetzt wird, die die dritte Dekade bilden. Die vierte und fünfte Dekade erhält man analog der Methode von **Raps** durch Spannungsteiler, die mittels Doppelkurbel an einen beliebigen Widerstand der ersten bezw. zweiten Dekade gelegt werden können. Der Einfluß der Kontaktwiderstände ist durch diese Anordnung der Dekaden in ähnlicher Weise gering gemacht wie bei dem früher von mir angegebenen Apparat. Als Spannungsteiler ist jedoch nicht das alte Grundelement aus 10 gleichen Widerständen mit Abzweigkontakt (Fig. 4), sondern das thermokraftfreie von Fig. 3 verwendet. In der letzten Dekade, die zu diesem Zweck an die erste gegliedert ist, kann die Ersatzwiderstandsreihe fortbleiben, weil sie gegen den großen Zusatzwiderstand b_5 nicht in Betracht kommt.

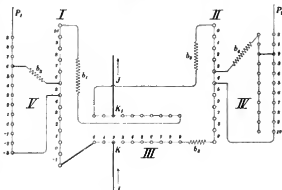


Fig. 7.

Die einzelnen Dekaden enthalten folgende Widerstände:

I. Dekade:	12	Widerstände a_1;	Vorschaltwiderstand b_1
II. „	10	„ a_2;	„ b_2
III. „	2×9	„ a_3;	„ b_3
IV. „	2×10	„ a_4;	„ b_4
V. „	$9+n_5$	„ a_5;	„ b_5.

n_5 ist die Anzahl der negativen Einheiten der letzten Dekade (etwa 3 bis 5).

Es seien mit

$$W_4 = a_2 + 10\,a_4 + b_4$$

und

$$W_5 = a_1 + {}^1/_2\,(9 + n_5)\,a_5 + b_5$$

die Gesamtwiderstände der durch IV und V gebildeten geschlossenen Kreise bezeichnet. Dann sind die Zweigströme in der vierten und fünften Dekade

$$i_4 = \frac{a_2}{W_4} J_2 \quad \text{und} \quad i_5 = \frac{a_1}{W_5} J_1.$$

Das Verhältnis der Ströme in den beiden ersten Dekaden sei wieder $J_1/J_2 = m$, also

$$J_1 = \frac{m}{m+1} J \quad \text{und} \quad J_2 = \frac{1}{m+1} J.$$

Sind dann x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 die Einstellungen der fünf Kurbeln, so wird die Kompensationsspannung zwischen P_1 und P_2 durch die Differenz dargestellt

$$e = \left[(x_1 + 1)\,a_1 + x_2\,a_2 + (x_5 + n_5)\,a_5\,\frac{a_1}{W'_5}\right] J_1 - \left[(9 - x_2)\,a_2 + (9 - x_3)\,a_3 + b_3 + (10 - x_4)\,a_4\,\frac{a_2}{W'_4}\right] J_2.$$

Da dieser Ausdruck die Form haben soll

$$e = 10^{\nu} J \left[\frac{x_1}{10} + \frac{x_2}{100} + \frac{x_3}{1000} + \frac{x_4}{10\,000} + \frac{x_5}{100\,000}\right],$$

wo ν eine positive oder negative ganze Zahl ist, so ergeben sich ähnlich wie bei dem Dreidekaden-Apparat die Bedingungsgleichungen

$$a_1 = \frac{m+1}{10\,m}\,10^{\nu}; \qquad \frac{a_4}{W'_4} = \frac{1}{100}$$

$$a_2 = \frac{m+1}{100}\,10^{\nu}; \qquad \frac{a_5}{W'_5} = \frac{1}{10\,000}$$

$$a_3 = \frac{1}{1000}\,10^{\nu};$$

$$b_3 = m\left(9\,a_3 + \frac{n_5}{10\,000}\,a_1\right).$$

Dazu kommt für b_1 und b_2 die Gleichung

$$b_2 = m\,(b_1 + 11\,a_1) - 9\,a_2.$$

Der im Hauptstromkreis liegende Gesamtwiderstand des Apparates zwischen den Stromzuleitungen beträgt angenähert

$$W = 1{,}2 \cdot 10^{\nu} + \frac{m}{m+1}\,b_1.$$

Von den Kontaktwiderständen kommt der Doppelkontakt $K K_1$ gegen den Gesamtwiderstand des Stromkreises in Frage. Nehmen wir als Unsicherheit eines gut ausgeführten Kurbelkontaktes 0,0002 Ohm (vgl. *a. a. O. S. 174*) und als niedrigsten in Betracht kommenden Widerstand des Stromkreises 200 Ohm, so kann die Unsicherheit von $K K_1$ höchstens einen Fehler von $2 \cdot 10^{-6}$ der gesamten Kompensationsspannung bewirken. Eine etwas größere Unsicherheit während der Bewegung der Kurbel ist darum ohne Nachteil, weil die Kurbel erst in der drittletzten Dekade, also ziemlich grob reguliert.

Außerdem kommt je ein Kontakt von den Doppelkurbeln in IV und V in Betracht. Damit diese nicht mehr als $^1/_{100}$ Einheit der letzten Dekade ausmachen, muß $a_5 \geq 0{,}02$ Ohm und $a_4 \geq 0{,}2$ Ohm sein.

Hiernach erhält man für $\nu = 1$ und $m = 5$ z. B. das folgende Modell:

$a_1 = 1.2$ Ohm;	$b_1 = 93{,}6$ Ohm;	
$a_2 = 0{,}6$ „	$b_2 = 534$ „	
$a_3 = 0{,}01$ „	$b_3 = 0{,}45$ „	
$a_4 = 0{,}2$ „	$W'_4 = 20$ „	$b_4 = 17{,}4$ Ohm
$a_5 = 0{,}02$ „	$W'_5 = 200$ „	$b_5 = 198{,}7$ „ .

Der Hauptstromwiderstand des Apparates wird dann

$$W = 90 \text{ Ohm}$$

und die Kompensationsspannung

$$e = J \cdot \left(x_1 + \frac{x_2}{10} + \frac{x_3}{100} + \frac{x_4}{1000} + \frac{x_5}{10\,000}\right).$$

Bei Strombelastung mit $J = 0{,}01$ Ampere läßt das Modell Spannungsmessungen bis 0,11 Volt zu. Der im Kompensationskreis liegende Widerstand ist mit den Einstellungen der beiden ersten Dekaden veränderlich.

Er beträgt

$$w = 1{,}2 \cdot x_1 - 0{,}6 \cdot x_2 + 9{,}4 \text{ Ohm},$$

schwankt also zwischen 21,4 und 4 Ohm.

Die letzte Justierung der Widerstände b_1, b_2, b_3 erfolgt wie bei dem kleinen Modell nach der Zusammensetzung des Apparates. Man fängt mit folgender Einstellung an:

$$x_1 = -1, \quad x_2 = 9, \quad x_3 = 9, \quad x_4 = 10, \quad x_5 = 0.$$

Dann wird b_3 so abgeglichen, daß die Spannung an $P_1\,P_2$ verschwindet. Hierauf werden sämtliche Kontakte auf 0 gestellt und b_1 oder b_2 verändert, bis wieder die Spannung an $P_1\,P_2$ verschwindet. Eventuell muß das Verfahren wiederholt werden.

Bei dieser Justierung wird zugleich der Einfluß sämtlicher Verbindungsleitungen zwischen den einzelnen Dekaden und der Kontaktwiderstände, soweit sie konstant sind, eliminiert.

Es erscheint nicht von vornherein technisch unmöglich, die fünfte Dekade durch einen Schleifdraht zu ersetzen und damit den Umfang und die Bequemlichkeit der Handhabung des Apparates noch zu erhöhen. Der Widerstand des Schleifkontaktes kommt nur gegen den Vorschaltwiderstand b_5 in Betracht und kann nur auf den in der letzten Dekade eingeschalteten Betrag der Kompensationsspannung Einfluß üben. Nimmt man einen Manganindraht oder ein Band von 1 *mm*² Querschnitt und setzt $a_5 = 0{,}01$ Ohm fest, so wird die Länge des Schleifdrahtes, welche einer Einheit der fünften Dekade entspricht, gleich 24 *mm*, während man für b_5 den Wert $b_5 = 98{,}7$ Ohm zu nehmen hat. Die genaue Justierung der Schleifdrahtdekade kann ebenfalls nach der Zusammensetzung des Apparates vorgenommen werden.

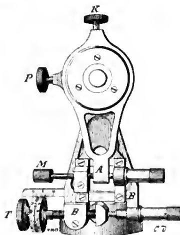
Der hier beschriebene Apparat enthält zwar etwas mehr Einzelwiderstände als der in Fig. 7 auf *S. 176 a. a. O.* skizzierte; auch ist die Justierung umständlicher und der Kompensationswiderstand etwas größer. Aber dies wird mehr als aufgewogen durch den Vorteil, daß die drei letzten Dekaden frei von Thermokräften sind und der Apparat dadurch auch für die Messung der kleinsten elektromotorischen Kräfte brauchbar wird.

Es empfiehlt sich, Galvanometervorschaltwiderstände von 1000 und 100 000 Ohm, einen Kontaktmacher, der zur Vermeidung von Thermokräften durch leisen Druck, ohne zu schleifen, Kontakt gibt, sowie einen Umschalter für die Galvanometerleitung in den Apparat einzubauen, wie in den Fig. 11 und 12 auf *S. 182 a. a. O.* skizziert ist. Die Verwendung des *a. a. O. S. 179* beschriebenen Hülfswiderstandes zur Herstellung einer runden Stromstärke und die in Nr. 13 und Nr. 14 auf *S. 182* beschriebenen Meßanordnungen gelten dann für diesen Apparat ebenso wie für den alten.

Verbesserte Feinbewegung des Fernrohrs für Instrumente mit Tangentenschrauben.

Von
Wilhelm Breithaupt in Cassel.
(Mitteilung aus der Werkstätte von F. W. Breithaupt & Sohn.)

Die Tangentenschraube, welche bei den amerikanischen Ingenieuren so ausgedehnte Anwendung findet, bei den Transitinstrumenten als *„Gradienter Attachment"*, hat in Deutschland nicht so rasch Verbreitung gefunden, obwohl sie hier schon früher angewandt worden ist. So hat schon Hogrewe (Praktische Anweisung zum Nivellieren. Hannover 1800) ein Nivellier-Instrument mit Meßschraube angegeben. Eine verbesserte Konstruktion dieses Instruments hat F. W. Breithaupt 1810 ausgeführt (*Rombergs Zeitschr. f. praktische Baukunst 4. S. 280. 1844*). Derselbe hat auch mit seinem 1847 konstruierten Kompensationsniveau die Tangentenschraube verbunden. Neuerdings hat Hr. Prof. Decher in einer Publikation „Neues Nivellier-Instrument" (München 1890) die Anwendung der Tangentenschraube empfohlen bei Aufnahme von Bauwerken zum Nivellieren nach Prozenten und zum Bestimmen der Entfernung. Auch Hr. Prof. Vogler beschäftigt sich in seinem Lehrbuch der praktischen Geometrie, Braunschweig 1894. Bd. 2. *S. 235* eingehend mit dieser Meßschraube.



An den Instrumenten mit Tangentenschrauben habe ich die im folgenden beschriebene Verbesserung[1]) angebracht.

Statt der seitherigen Einrichtung eines Klemmarms mit Tangentenschraube sind an der Horizontalachse zwei Arme angebracht, die sich beide durch Klemmschrauben auf dieser Achse befestigen lassen. Der vordere Arm *A* mit Mikrometerschraube dient zum Einstellen des Fernrohrs auf das betreffende Objekt, der hintere Arm *B* mit Tangentenschraube zum Messen der Höhe oder der Entfernung des Objekts. Es wird durch diese Anordnung erreicht, bei jeder Stellung des Fernrohrs mit der Tangentenschraube zu messen, und zwar *von ihrer Nullstellung* aus.

Was nun die Bestimmung von Entfernungen angeht, so dürfte es zweckmäßiger sein, statt dieser Meßschraube den Distanzmesser im Fernrohr zu verwenden, da die Nivellierlatte häufig wegen starken Windes nicht ruhig gehalten werden kann (vgl. Jordan, Handbuch der Vermessungskunde, 5. Auflage. Stuttgart 1897. Bd. 2. *S. 621*), und das Resultat der abgelesenen Schraubenumdrehung dadurch unbrauchbar wird. Auch erfordert die Bestimmung der Entfernung mit dem Distanzmesser weniger Zeit als die mit der Tangentenschraube. In diesem Sinne hat sich auch Hr. Prof. Hammer mehrfach geäußert (vgl. u. a. *diese Zeitschr. 22. S. 279. 1902*).

[1]) D.R.G.M. Nr. 286386.

Spektroskopische Vorrichtungen.

Von
C. Leiss.
(Mitteilung aus der mechanisch-optischen Werkstätte von R. Fueß in Steglitz bei Berlin.)

I. Handspektrophotometer.

Dieses kleine Instrument wurde nach Angaben des *Bureau of Standards* (Direktor Stratton) in Washington hergestellt. Es setzt sich, wie aus Fig. 1 des näheren hervorgeht, aus einem mit zwei Nicolschen Prismen (Glan-Thompsonscher Konstruktion) kombinierten Taschenspektroskop der gebräuchlichen Art zusammen. Das eine dieser beiden Nicols N_1 — der Polarisator — ist in eine Hülse mit der drehbaren, von 2° zu 2° geteilten Fassung T eingesetzt und befindet sich vor dem durch den

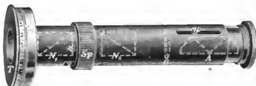


Fig. 1.

geränderten Ring Sp regulierbaren Spalt. N_2 — der Analysator — ist fest hinter dem Spalt in die Hauptröhre des Spektroskopes eingefaßt. Unmittelbar vor dem Spalt befindet sich die Öffnung v zum Eintritt der Lichtstrahlen für die zu vergleichende Lichtquelle. Ein die Hälfte des Spaltes verdeckendes kleines totalreflektierendes Prisma lenkt das bei v eintretende Licht in den Spalt.

II. Handspektroskop für Untersuchungen im Ultraviolett.

Häufigere Anfragen nach einem derartigen kleinen Hülfsinstrumentchen veranlaßten die Firma R. Fueß zur Konstruktion des in den Fig. 2 und 3 abgebildeten Handspektroskopes. Fig. 2 zeigt einen Hauptschnitt durch das Instrumentchen und Fig. 3 die äußere Ansicht. S ist der regulierbare Spalt, O_1 das aus Quarz bestehende Kollimatorobjektiv, Q_1 und Q_2 sind zwei Quarzprismen aus Rechts- und Linksquarz, O_2 das Fernrohrobjektiv aus Quarz, F ein totalreflektierendes Flußspatprisma

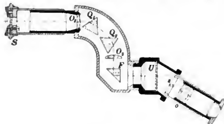


Fig. 2.



Fig. 3.

und U eine Uranglasplatte. Das auf letzterer erzeugte fluoreszierende Spektrum des Ultraviolett wird durch die Okularlinse o, eine Steinhell-Lupe, betrachtet. Das ganze Beobachtungsrohr läßt sich mittels eines durch zwei Spitzenschrauben s gebildeten Scharnieres in die erforderliche Neigung (Schiefstellung) zur Uranglasplatte U bringen.

Die Quarzobjektive haben eine Öffnung von etwa 10 *mm* und eine Brennweite von ungefähr 40 *mm* für Na-Licht. Anstelle eines Cornuschen Quarzprismas oder eines Flußspatprismas wurden zwei Prismen gewählt, um einesteils eine größere Dispersion und um anderenteils auch eine annähernde „Geradsichtigkeit" des Instrumentes zu erzielen.

Bei genügend geöffnetem Spalt kann man mit diesem kleinen Instrumentchen noch deutlich den Bezirk der Aluminium-Linien Nr. 30 bis 32, Wellenlänge 2099 bis 1852, beobachten.

Referate.

Anwendung des Telephons auf die Bestimmung des Längenunterschiedes Paris—Brest.

Von E. Guyou. *Compt. rend.* **142.** *S. 1379. 1906.*

In einem früheren Referat in *dieser Zeitschr.* **25.** *S. 382. 1905* ist der Vorschlag des Verf., das Telephon zur genauen Zeitübertragung zu verwenden, bereits besprochen. Die Methode hat nun neuerdings bei der von der Sternwarte des *Bureau des Longitudes* unter Beihülfe von Marineoffizieren ausgeführten Längenbestimmung Paris—Brest Anwendung gefunden und sich sehr bewährt.

Die Zeitbestimmung wurde nicht wie gewöhnlich mit Meridianinstrumenten, sondern mit Claude-Drienceurtschen Prismenastrolabien ausgeführt, welche von Jobin gebaut waren und 80-fache Vergrößerung besaßen. Mit diesen Instrumenten werden die Durchgänge von Sternen durch den Höhenparallel von 60° beobachtet und, nachdem die Beobachtungen auf denselben Zeitmoment reduziert sind, wird der zu dieser Zeit gehörige Zenitpunkt des Beobachters graphisch als der Schnittpunkt mehrerer Kreise gefunden, welche um die beobachteten Sterne mit den reduzierten Zenitdistanzen geschlagen sind.

Die Reduktion der astronomischen Beobachtungen ist noch nicht beendet; hier soll uns nur die Zeitübertragung interessieren.

Es wurden zwei Chronometer gebraucht, von denen das eine nach Sternzeit, das andere nach mittlerer Zeit ging. Beide schlugen halbe Sekunden, sodaß alle drei Minuten eine Koinzidenz erfolgte. Direkt auf der Glasscheibe des in Paris und des in Brest benutzten Chronometers befand sich ein Mikrophon, das in einem primären Stromkreis lag. In den sekundären Stromkreis waren die Telephone beider Stationen eingeschaltet, sodaß man in Paris und in Brest die Schläge der Chronometer beider Stationen im Telephon, also mit demselben Ohr hören konnte. Außerdem war natürlich auch telephonische Verständigung möglich. Um die Chronometerschläge gleich stark zu vernehmen, ließ sich in den primären Stromkreis auf der Station, wo die Koinzidenzen beobachtet wurden, ein regulierbarer Widerstand einschalten.

Die von den verschiedenen Beobachtern vorgenommenen Vergleichungen der beiden in Paris und in Brest befindlichen Chronometer zeigten unter einander nur Abweichungen von höchstens 0,01 Sek., ein Beweis, daß bei der Beobachtung von Koinzidenzen ein persönlicher Fehler nicht auftritt. In Paris wurden die Vergleichungen an jedem der fünf Beobachtungsabende zeitlich vor und nach der in Brest vorgenommenen Vergleichung ausgeführt und dann auf die Zeit der in Brest vorgenommenen Vergleichung reduziert. Die auf den beiden Stationen erlangten Resultate wichen an keinem der fünf Beobachtungsabende um 0,01 Sek. voneinander ab. Die Zeit für die Fortpflanzung des elektrischen Stromes kam daher für die Entfernung Paris—Brest nicht in Betracht, und es hätte genügt, wenn nur auf einer Station Koinzidenzen beobachtet worden wären. *Kn.*

Einige neue Verbesserungen an Vermessungsinstrumenten.

Von E. A. Reeves. *Geograph. Journ., London* **26.** *S. 204. 1905.*

Der Verf. behandelt in diesem Aufsatz, abgesehen von der in dem Referat in *dieser Zeitschr.* **26.** *S. 63. 1906* besprochenen Neuerung an Sextanten, noch einige neue Einrichtungen für andere Vermessungsinstrumente.

Am „Transit"-Theodolit, dem wichtigsten Instrument für Messungen auf Landreisen, sind statt der Nonien mit verhältnismäßig grober Ablesung (z. B. 30" oder 20" bei 13 bis 17 *cm*-Kreisen) neuerdings vielfach Schraubenmikroskope angeordnet worden, die aber das Instrument sperrig machen, bei den oft nicht sorgfältigen Transporten leicht in Unordnung kommen, steter Justierung bedürfen und endlich das Instrument ziemlich verteuern. Alle diese Übelstände hofft Reeves durch eine andere Art von Mikrometerverrichtung zu ver-

meiden, die er Tangentenmikrometer nennt. Die Trommel der Mikrometerschraube mit 1'- und 10"- oder 5"-Strichen wird durch eine Spiralfeder in der Normalstellung gehalten (0 am Zeiger); sobald die besondere Klemme der Mikrometerschraube angezogen ist, wird durch Bewegung der Handscheibe der Zeiger auf der stehenbleibenden Trommel gedreht, und beim Lösen der Klemme kehrt die Null der Trommel in die Normalstellung zurück. Wenn die Mikrometerklemme nicht angezogen ist, wirkt die Mikrometerschraube ganz wie eine gewöhnliche Tangentenschraube, indem nach Anziehen der Alhidadenklemme die Scheibe nebst Trommel und Zeiger zusammen sich drehen. Nachdem der anzuzielende Punkt wie gewöhnlich mit geklemmter Alhidade eingestellt ist, wird die Mikrometerklemme angezogen und mit der Handscheibe der Mikrometerschraube der Index oder die zwei Indexlinien der Alhidade auf den nächst vorhergehenden Strich der Teilung (an der vom Mikrometer etwa 90° abstehenden Stelle) eingestellt. Der Exzentrizitätsfehler wird wie immer dadurch eliminiert, daß diese Einstellung, aber mit derselben Schraube, an zwei einander gegenüberliegenden Indexstrichen zu machen ist.

Ähnliche Einrichtungen an Theodoliten oder Universalen, die größere Verbreitung verdienen, als sie bis jetzt gefunden haben, werden in Deutschland bekanntlich besonders von Heyde in Dresden angewandt; vgl. seinen Katalog über die älteren Mikrometereinrichtungen dieser Art und die Notiz über die neue Einrichtung an seinem Zahnkreistheodolit in *dieser Zeitschr.* **25.** *S. 2. 1905.* Die Ausführung des Reevesschen Mikrometers ist Casella in London E. C., 147 Holborn Bars, übertragen. Hr. Reeves hat dem Ref. die Photographie eines 4-zölligen Reiseuniversals geschickt, an dem mit Nonien auf 30" abgelesen werden könnte, während das neue Mikrometer noch bequem 5" zu lesen gestattet.

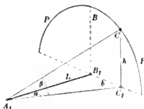
Die zweite Notiz in dem Aufsatz von Reeves bezieht sich auf eine „zusammenlegbare“ Fernrohrkippregel für den Meßtisch. Viele Reisende ziehen die Diopterkippregel nur deshalb vor, weil sie bequemer verpackt ist als die gewöhnlichen Fernrohrkippregeln. Der Verf. bringt nun auf dem Lineal ein davon *lösbares* Fernrohr mit Höhenbogen an, das also für den Transport (zur Verpackung) einfach abgenommen werden kann. Da alle Metallteile aus Aluminium bestehen, so läßt sich für den Reise-Meßtisch in der Tat sowohl in Beziehung auf Raumbedarf beim Transport als Gewicht nicht unwesentlich gewinnen.

Hammer.

Universal-Winkelinstrument.

Von A. Mayer und E. Wiesmann. *Schweiz. Bauzeitung* **44.** *S. 186. 1904; Prospekt der Firma Usteri-Reinacher in Zürich.*

Das Instrument, nach dem Entwurf der zwei im Titel genannten Ingenieure am Simplontunnel von Th. Usteri-Reinacher in Zürich hergestellt (Schweiz. Patent Nr. 29180), dient dazu, die drei rechtwinkligen Koordinaten eines Punktes im Raume „ohne Parallelfaden im Fadenkreuz“, auch ohne Latte auf dem zu bestimmenden Punkt, und „ohne Anwendung von Tabellen“ zu messen. Es ist vor allem zur Aufnahme von Querprofilen beim Tunnelbau bestimmt, wo es das umständliche Ausmessen der Profile durch Schnüre, Setzlatten u. s. f. „durch eine Methode ersetzen soll, die weniger Zeit erfordert und im beengten Raum die Arbeit weniger stört“. Um die Messung von Punkten des Profilumfangs P (vgl. die Figur) zu zeigen, sei die Ebene PP senkrecht zur Horizontalzielung $A_1 B_1$, der Ausgangslinie für die Horizontalwinkel α, ferner habe die Ebene P von der Kippachse des in A_1 aufgestellten Instruments den Abstand L, der in der Praxis gleich einer runden Zahl, 10 m, 20 m u. s. f., zu wählen ist. Um den Punkt C zu messen, bilde die Horizontalprojektion von $A_1 C$ mit $A_1 B_1$ den Horizontalwinkel α, und der Höhenwinkel von $A_1 C$ sei β. Dann sind die rechtwinkligen Koordinaten des Punktes C in der Ebene P in einem System mit dem Nullpunkt in B_1



$$B_1 C_1 = b = L \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad \ldots \ldots \quad 1)$$

$$C_1 C = h = \frac{L}{\cos \alpha} \cdot \operatorname{tg} \beta = L \cdot \sec \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta \quad \ldots \ldots \quad 2)$$

Die Skalen des Instruments liefern nun statt der Horizontalwinkel α und der Höhenwinkel β in Grad u. s. f. die trigonometrische *Tangens* und *Secans* des Horizontalwinkels und die *Tangens* des Höhenwinkels. Instrumente, die statt Winkelablesungen die Ablesung bestimmter goniometrischer Funktionen der Winkel geben, sind zwar in der technischen Geodäsie und Tachymetrie zahlreich vorhanden; es wird aber allerdings die hier ausgeführte Kombination und ebenso besonders die Anwendung einer einfachen Kulissenführung zur Darstellung von tg und sec neu sein. Diese wichtigste Einrichtung des Instruments wird wie übrigens das ganze Instrument in eingehender Weise abgebildet; die Beschreibung dürfte klarer sein. Nichts hindert übrigens an der weiteren Anbringung eines mit Winkelteilung versehenen Horizontalkreises und eines ebensolchen Höhenkreises, sodaß also das Instrument damit auch zu allen mit dem gewöhnlichen Theodolit oder kleinen Universal auszuführenden Messungen eingerichtet ist. Die Preise des in drei Ausführungen vorrätigen Instruments bewegen sich zwischen 630 und 760 Frs.

Daß Instrumente, an denen die Tangente des Höhenwinkels abgelesen werden kann, auch zu tachymetrischen Messungen brauchbar sind, ist bekannt. Es seien auf der vertikal zu stellenden Latte in der festen Entfernung l voneinander zwei Marken angebracht, nach denen die Zielungen vom Instrument aus die Höhenwinkel β_1 und β_2 haben; „der Höhenkreis als Entfernungsmesser“ beruht dann auf der Grundgleichung für die Horizontaldistanz L zwischen Instrument und Latte

$$L = \frac{l}{\operatorname{tg} \beta_2 - \operatorname{tg} \beta_1} \quad \ldots \ldots \quad 3)$$

die bequem ist, wenn sogleich tg β statt β abgelesen wird. Immerhin ist die Entfernungsmessung (und die zugehörige Höhenunterschiedsmessung) nach Gl. 3) nur dort angezeigt und dem Fadendistanzmesser einigermaßen ebenbürtig, wo die Beleuchtung der Latte auf beliebige Lattenstrecken hin Schwierigkeiten bietet, vielmehr nur die zwei Marken in der Entfernung l bequem beleuchtet werden können.

Auf gar zu große Ausdehnung der Vielseitigkeit des Instruments („Profilaufnahmen, Distanzmessen, Nivellieren, Messen von Winkeln, Abstecken von Kurven, Aussetzen von Rampen auf einem verlangten Gefälle“) würde überhaupt der Ref. nicht so großes Gewicht legen. Aber daß das Instrument für seinen nächsten Zweck, *Profilaufnahme im Tunnel* (wo der zu messende Punkt einfach durch eine anzuhaltende Lampe bezeichnet wird), *an unzugänglichen Steinbruchwänden* u. s. f. (wo die zu messenden Punkte in dem aufzunehmenden Profil durch eine von oben an starker Schnur allmählich herabgelassene Kugel zu bezeichnen sind), vortreffliche Dienste leisten kann und wird, ist sicher. Die zwei *Beispiele* von Aufnahmen, die an den angegebenen Orten mitgeteilt sind, sprechen genügend dafür; das nach den am Ring Nr. 9 im Tunnel abgelesenen Zahlen aufgetragene fertige Profil gibt auch eine ungefähre Vorstellung von der erreichbaren Genauigkeit. Immerhin wären, wie für *alle* derartigen Instrumente, besondere Genauigkeitsversuche höchst erwünscht. *Hammer.*

Topographische Triangulation durch Stereo-Photogrammetrie.

Von P. Seliger. *Zeitschr. f. Vermess.* **34.** *S. 382. 1905.*

Der Verf. berichtet über Arbeiten, die er im Auftrag der Kgl. Preuß. Landesaufnahme ausgeführt hat, um festzustellen, ob die Stereo-Phototopographie imstande ist, die Festlegung eines dichten Punktnetzes in Städten und Industriebezirken mit zahllosen Türmen und Türmchen, Schornsteinen u. s. f. für die Meßtischaufnahme in 1:25000 zu erleichtern. Nach einer Einleitung über die Grundlagen des Verfahrens nach Pulfrich (*diese Zeitschr.* **23.** *S. 43. 133, 317. 1903;* **24.** *S. 53. 1904*; vgl. ferner die Broschüre von C. Pulfrich, „Neue stereoskopische Methoden und Apparate“. Berlin, J. Springer 1903, die einen vervollständigten Abdruck der in *dieser Zeitschr.* **22.** *u.* **23.** erschienenen Arbeiten von Pulfrich darstellt;

beschreibt der Verf. einen „Präzisions-Phototheodolit", den die Firma **Braun** (Berlin, Königgrätzerstraße 31) nach seinen Angaben gebaut hat, und dessen wesentlichste Einrichtung darin besteht, daß ein *vollständiger Theodolit* auf den Deckel der Kamera gestellt ist. Um die Kameraachse und den Theodolit mit der notwendigen Genauigkeit parallel zu stellen, ist ein besonderes Fernrohr erforderlich, das im Deckel der Kamera, unter dem Theodolit und genau senkrecht über der Kameraachse befestigt ist. Dem ersten Versuchsinstrument, mit dem die Messungen von **Pulfrich** und **Seliger** bei Jena ausgeführt worden sind, und das der Verf. nochmals abbildet, soll bald ein Instrument nach wesentlich verbessertem Modell folgen. Die Arbeit mit dem Instrnment wird eingehend besprochen. Bei der verlangten Genauigkeit von 3 bis 5 *m* in der Lage eines Punktes ist bei 250 *mm* Brennweite des Kameraobjektivs eine Basis von 50 bis 100 *m* Länge notwendig, um Punkte in Entfernungen bis 3000 *m* zu bestimmen; von Höhen umgebene kleinere Städte lassen sich oft von einem Standpunkt aus bis an ihre Grenzen übersehen, sodaß man mit ganz wenigen Standpunkten ausreicht. Anders in Städten in der Ebene, wo die Standpunkte auf Bauwerken gesucht werden müssen und kaum über 500 *m* Entfernung hinaus gearbeitet werden kann, für welche Entfernung allerdings 1 bis 2 *m* Basisstrecke genügt, sodaß man sich den Phototheodolit geradezu an einer Basisschiene verschiebbar bauen könnte, und eigentlich (bis zur angegebenen Grenzentfernung) nur ein einziger Stationspunkt in Betracht käme. *Hammer.*

Graphische Berechnungsmethoden, die auf der Sternwarte Lissabon (Tapada) im Gebrauch sind.

Von **Fr. Oom.** *Boletim da Direcção geral da Instrucção publica.* **4.** *1905. Sonderabdruck. Lex. 8°. 25 S. m. 18 Fig. u. 4 Taf. Lissabon 1905.*

Der Verf. berichtet über graphisch-mechanische und mechanische Rechenverfahren, die auf der Sternwarte Tapada (Lissabon) von deren Direktor, Vizeadmiral **Campos Rodrigues**, eingeführt worden sind, zum größten Teil schon vor zwanzig Jahren, vor der **d'Ocagne**schen Nomographie.

An Nomogrammen werden im I. Teil die folgenden vorgeführt: 1. Berechnung der Korrektion der Zeit eines Sterndurchgangs nach der **Mayer**schen Formel (oder der **Bessel**schen Form dieser Formel), sehr bequem und in der Ausführung mit Einheitsstrecke gleich 200 *mm* die Korrektion auf 0,001 Sek. liefernd. 2. Reduktion des Gangs der Hauptpendeluhr (Krille 1647) auf konstanten Drnck (752 *mm*) und bestimmte Temperatur (+ 16°) und Feuchtigkeit (8 *mm* Dampfspannung); der Barometerkoeffizient der Uhr beträgt nach Diskussion der Gänge 1882 bis 1884 0,0160 ± 0,0004 Sek., und als Reduktionsformel ist angenommen

$$\text{wirklicher Gang} = \text{Normalgang} + k \cdot e,$$

wo in

$$k \cdot e = 0{,}016 \left[\left(H - \frac{3}{8} f\right) \frac{1 + 16 \cdot \alpha}{1 + \alpha \cdot t} - 752\right] \text{Sek.},$$

H den mittleren Barometerstand, f die mittlere Dampfspannung, t die mittlere Temperatur in der betrachteten Zeit bedeutet und $\alpha = {}^1/_{273}$ ist. 3. Verbesserung der Ablesungen an der Achsenlibelle des Meridiankreises als Funktion der Temperatur; die Libelle hat eine lineare Beziehung zwischen Temperatur (nämlich Länge der Blase) und Teilwert gezeigt:

$$1 \text{ Teil} = 0{,}080'' + 0{,}00048'' \, (l - 43),$$

wo l die Länge der Blase bedeutet. 4. Run- und Teilungskorrektion für die Ablesemikroskope des Meridiankreises u. s. w. 5. Berechnung der Präzession von 1855 bis 1900. 6. Koeffizienten m und n der **Bessel**schen Formel aus Azimutfehler und Neigungsfehler der Kippachse. 7. Berechnung der Mondglieder in den scheinbaren ($\mathit{\Delta}R$, δ) der Sterne. Mit 8. Berechnung des Barometerkoeffizienten der Refraktion nach der Pulkowaer Refraktionsformel, was der Verf. noch zu I. stellt, obgleich diese Berechnung mit Hülfe eines geteilten Lineals und zweier verschiebbarer Dreiecke mit Kantenteilung geschieht, sind wir bereits in die mechanischen Rechenhülfsmittel eingetreten, von denen der Verf. in der Form besonderer Rechenschieber im II. Teil folgende vorführt:

Rechenschieber 1. zum Einschalten nach Zeitteilen; 2. zur Berechnung des Einflusses des Kollimationsfehlers bei Sterndurchgängen; 3. zur Ermittlung der Fadenabstände des Netzes eines Durchgangsinstruments; 4. für die Azimutal- und Inklinationskorrektion in der Mayerschen Formel; 5. zur Verwandlung von Sternzeitdauern in m. Z.-Dauern und umgekehrt; 6. zur Berechnung des normalen Gangs der Hauptpendeluhr aus dem wirklichen (vgl. oben I, 2); 7. zur Auflösung der Konvexlinsengleichung $1/f = 1/D + 1/d$; 8. zur Summierung der Quadrate gegebener Zahlen: auf einer gleichförmigen Skale A 0, 1, 2 ... 100 u. s. w. sind zwei mit den Teilkanten aneinander liegende gleiche Zungen beweglich, die je eine Quadratskale B tragen, indem auf ihnen bei den der A-Skale entsprechenden Entfernungen 1, 4, 9, 16, 25, 36 vom Index die Zahlen 1, 2, 3, 4, 5, 6 stehen und selbstverständlich entsprechende Unterteilung angebracht ist. Der Gebrauch zur mechanischen Quadrierung und zugleich Addition (diese durch Längsverschiebung auf A) ist klar, und man wird in der Tat zugeben können, daß „die Berechnung des wahrscheinlichen Fehlers einer Beobachtung in einer Reihe gleichwertiger Beobachtungen sehr abgekürzt wird, indem man die Quadrate der Verbesserungen nicht aufzuschlagen braucht, wenn auch diese selbst berechnet werden müssen".

Im III. Teil, Integrator, endlich beschreibt Oom zwei sehr einfache Hülfsmittel zur Bestimmung des mittlern Luftdrucks während bestimmter Zeit aus den Aufzeichnungen eines Barographen (vgl. das Instrument von Schmidt, *diese Zeitschr.* **25.** *S. 261. 1905*).

Hammer.

Der Hochseepegel von Mensing. Methoden zur Bestimmung des Druckes im Meer. Selbstregistrierende unterseeische Stationen.

Von L. Marini. *Rivista marittima. Dezember 1905. Sonderabdruck. 8°. 20 S. m. 1 Fig. Rom 1905.*

Angeregt durch die Arbeiten von J. Thoulet, der vorgeschlagen hatte, Wellenhöhen durch registrierte Druckdifferenzen am Meeresboden zu messen, hat sich L. Marini mit allgemeineren Untersuchungen über die Dynamik des Meeres beschäftigt und ist so auf die Forderung eines Instrumentes gestoßen, das den Druck an irgend einer Stelle im Meer registrierend zu verfolgen erlaubt. Das durch Arbeiten von Aimé (*Ann. de chim. et de phys.* **8.** *S. 257. 1843*) und H. Mohn (*The Norwegian North-Atlantic expedition 1876—78, fasc. XVIII n. IV*) nahe gelegte Prinzip der Bestimmung des Druckes aus der Kompression einer Flüssigkeit von bekannter Kompressibilität wurde als zu ungenau verworfen. Dagegen verfolgte Marini den Gedanken der Konstruktion eines Differential-Manometers mit elektrischer Registrierung, wie sie ähnlich auch R. Rühlmann (*Wied. Ann.* **5.** *S. 558. 1878*) behandelt hat; schließlich aber gab er dem von A. Mensing (*diese Zeitschr.* **23.** *S. 334. 1903*) für diesen Zweck benutzten Prinzip der registrierenden Bourdon-Röhre den Vorzug und suchte dessen Apparat dahin abzuändern, daß er zu absoluten Druckmessungen dienen kann und zugleich einfacher und billiger wird.

Vorausgeschickt werden einige Betrachtungen über die Abhängigkeit des Druckes von der Tiefe im Meer. Während für die Bewegungen in der Atmosphäre der Luftdruck längst als die Grundgröße erkannt ist und in allen entsprechenden Untersuchungen das Barometer die wichtigste Rolle spielt, wird in den ozeanographischen Arbeiten erst neuerdings dem Druck im Meere die ihm zukommende große Bedeutung zugesprochen. Erwähnt werden auf diesem Gebiet außer der bereits genannten Arbeit von Mohn: F. Nansen, *The Norwegian North polar expedition 1893—96. Scientific results. Bd. III u. IX*; V. Bjorknes, Über einen hydrodynamischen Fundamentalsatz und seine Anwendung besonders auf die Mechanik der Atmosphäre und des Weltmeers. *Kgl. Svenska Vetenskaps Akademiens Handlingar* **31.** *1898*; Sandström und Helland-Hanson, Über die Berechnung von Meeresströmungen. *Report on Norwegian Fishery and Marine Investigations. Vol. II. 1902 n. 4* und D. Breitfuß, Ozeanographische Untersuchungen über das Barents-Meer. *Petermanns geograph. Mitteilgn.* **50.** *S. 35. 1904.*

Für die Abhängigkeit, die zwischen Druck und Tiefe besteht, werden fünf Formeln angegeben. Die einfachste wurde von Sandström und Helland-Hansen benutzt, die gleichbleibende Wasserdichte und Schwerebeschleunigung für die ganze Wassersäule vor-

aussetzen und rund auf 1 m Tiefenzunahme eine Druckzunahme von 10^5 *C.G.S.*-Einheiten annehmen. Nimmt man diese Druckgröße als Einheit, so würde unter der Voraussetzung gleichbleibender Dichte und Schwere die Isobare 1000 in reinem Süßwasser von 0° in eine Tiefe von 1017 m, in 3,5 prozentigem Salzwasser von 0° aber in 989 m Tiefe zu verlegen sein. Eine Bestimmung des Druckes aus der gemessenen Tiefe nach dieser Methode müßte also Fehler bis zu 2 %$_0$ in Kauf nehmen und wäre für hydrodynamische Zwecke unbrauchbar, da sie ja auf die Existenz eines barischen Gradienten und damit jeder Bewegungsursache im Grunde verzichtet.

Einer zweiten, von Rühlmann gegebenen Formel haftet der Fehler an, daß sie zwar die Variation der Temperatur, nicht aber diejenige des Salzgehaltes mit der Tiefe in Rechnung zieht und die Schwerebeschleunigung nach dem Erdinnern hin proportional zur Entfernung vom Erdmittelpunkt abnehmen läßt. Es wird also übersehen, daß die Dichte der nicht anziehenden äußeren Kugelschale so viel geringer als die des Erdkernes ist, daß tatsächlich mit zunehmender Tiefe anfänglich ein Wachsen der Schwerebeschleunigung eintritt.

Die dritte, von Mohn verwendete Formel führt einen zutreffenden Mittelwert der Wasserdichte in der betreffenden Säule ein und trägt der Variation der Schwere mit der Tiefe genauer Rechnung durch den Faktor $(1 + b\,h)$, wo h die Tiefe bedeutet und $b = \frac{1}{R}\left(2 - 3\,\frac{d_0}{D}\right)$ ist. Hierin bedeuten R den Erdradius, d_0 und D die Dichten des Meerwassers und der Erde. Bei der geringen Genauigkeit, mit der die Dichte der Erde bekannt ist, nimmt sich der von Marini bis auf 6 Dezimalstellen angegebene Wert von b sonderbar aus.

Marini selbst gibt eine vierte Formel an, die der Veränderlichkeit von g mit der geographischen Breite und der Meerestiefe in derselben Form wie die Mohnsche Rechnung trägt, während die Erhöhung der Wasserdichte durch die Kompressibilität statt wie bei Mohn durch den Faktor $\frac{1}{1 - \eta\,p}$ (p = Druck, η = Kompressibilitäts-Koeffizient) durch den Faktor $e^{\eta p}$ analog wie bei Rühlmann berücksichtigt wird.

Marini setzt also differentiell

$$dp = a_0\, g_{0,45}\, S\, e^{\eta p} (1 - \beta \cos 2\varphi)(1 + b\,h)\, dh,$$

wo a_0 eine von den Maßeinheiten abhängige Konstante, $g_{0,45}$ die Schwerebeschleunigung im Meeresniveau und der Breite $\varphi = 45°$ ist, p den Druck und S die Wasserdichte in der Tiefe h bedeuten, während $(1 - \beta \cos 2\varphi)$ den bekannten Ausdruck für die Schwereänderung mit der Breite, $(1 + b\,h)$, wie oben erläutert, den analogen für die Tiefenänderung vorstellt. Vom Ausgangsniveau $h_0 = 0$ und dem Anfangsdruck $p_0 = 0$ aus integriert, ergibt sich

$$p = \frac{1}{\eta} \log \text{nat} \frac{1}{1 - \eta\, a_0\, g_{0,45} (1 - \beta \cos 2\varphi)\left(1 + \frac{b\,h}{2}\right) h\, \Sigma}\,.$$

wo Σ der Mittelwert von S in der ganzen Wassersäule bis zur Tiefe h ist.

Eine *abgekürzte* fünfte Formel lautet: $p = p_0 + a_0\, m\,(h - h_0)$, wo m das arithmetische Mittel aus den Werten des Produktes $g \cdot S$ in den Niveaus h_0 und h bedeutet. Marini setzt statt m die Bezeichnung n[1]).

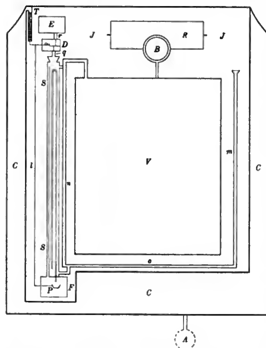
Die folgende Tabelle zeigt die Unterschiede zwischen den fünf Formeln für drei Tiefen:

Tiefe in Meter	Druck in 10^5 *C.G.S.*-Einheiten berechnet nach				
	Sandström und Helland-Hansen	Rühlmann	Mohn	Marini	
				vollständige F.	abgekürzte F.
500	500,000	504,322	504,270	504,309	504,266
1000	1000,000	1009,749	1009,902	1009,887	1009,876
5000	5000,000	5093,486	5097,810	5097,350	5096,095

[1]) Einige Druckfehler, die das Verfolgen der Formeln erschweren, mögen hier kurz angegeben sein: In der Differentialgleichung auf *S. 7* fehlt rechts dh; in den Gleichungen auf *S. 11* ist neben a_0 stets der Faktor η einzuschieben; auf *S. 15* steht $d\eta$ statt dn.

Alle diese Formeln sind hydrostatisch abgeleitet und ergeben deshalb Resultate, die von den tatsächlichen Verhältnissen des Meeres abweichen werden. Die Schwierigkeit der hydrodynamischen Behandlung des Problems verleitet zu vereinfachenden Voraussetzungen, von denen nicht bekannt ist, wieweit sie berechtigt sind. Umsomehr muß vom Standpunkt der Hydrodynamik ein Apparat gefordert werden, der Beobachtungsdaten über die wirklich im Meer herrschenden Drucke liefert.

Der Hochseepegel von Mensing gilt Marini als der erste[1]) zu diesem Zwecke brauchbare Apparat, erscheint aber zu kompliziert und zu teuer. Neben den bereits bekannten Fehlerquellen, die diesem Apparat, wenn wir ihn als *Pegel* betrachten, anhaften, wie Temperaturschwankungen im Apparat, Standänderungen des Quecksilbers im U-Rohr, Luftdruckschwankungen, Einsinken des Apparates im Schlamm macht Marini auf die weitere Fehlerquelle aufmerksam, die Änderungen in der Dichte des über dem Apparat stehenden Wassers mit sich bringen. Marini findet, daß eine Änderung der Wasserdichte von 1,027 auf 1,032 die Isobare $p = 100 \cdot 10^5$ *C.G.S.*, die etwa in 100 *m* Tiefe liegt, um 0,5 *m* hebt. In der Nähe von Flußmündungen, wo mit Ebbe- und Flut-Strom der Salzgehalt merklich variiert, kann also daraus ein beträchtlicher Fehler entstehen. Will man diese Fehlerquelle durch Verlegung des Pegels in geringere Tiefen vermindern, so läuft man Gefahr, in Gebiete stärkerer Strömung zu geraten, wo die Abweichungen der Natur von den auf hydrostatischen Erwägungen aufgebauten Formeln stärker werden dürften. Handelt es sich aber nur um einen *Druckmesser*, der eben nur den an der betreffenden Stelle herrschenden Druck registrieren, nicht aber zur Bestimmung der Höhe der darüberstehenden Wassersäule dienen soll, so fällt ein Teil dieser Fehlerquellen weg, und der Apparat kann einfacher gehalten werden, wenn nicht eine allzuhohe Empfindlichkeit verlangt wird. Der Apparat, den Marini beschreibt, ist nur schematisch angedeutet und dürfte, ehe er in der Praxis verwendbar wird, noch manche Abänderung erfahren müssen. Das Prinzip sei an Hand der Figur kurz erläutert. In den Außenraum *C* dringt das Meerwasser bei der Versenkung in die Tiefe durch die



[1]) Wie Hr. Kapitän Mensing dem Referenten mitgeteilt hat, ist ihm neuerdings bekannt geworden, daß die Priorität der Erfindung eines seinem Hochseepegel entsprechenden Instrumentes dem französischen Hydrographen A. Favé zukommt, der am 8. März 1891, einige Monate eher, als Hr. Mensing seine ersten Vorschläge dem Reichsmarineamt unterbreitete, seinen Plan in einer Sitzung der *Société de Physique de Paris* entwickelt und in den Sitzungsberichten dieser Gesellschaft 1891 *S. 62* veröffentlicht hat (vgl. *diese Zeitschr.* ***12.*** *S. 171. 1892*). Favé sieht die gleichen Fehlerquellen und Gefahren wie Mensing voraus, seine Vorschläge zu ihrer Beseitigung sind aber durchweg von den Mensingschen verschieden.

Sieböffnungen am Rohr *A* ein. Der Außenraum *C* steht mit dem Innenraum *J* durch das mit hygroskopischer Substanz gefüllte Rohr *T* in Verbindung. Die Dimensionen sind so abgemessen, daß auch bei der größten zu untersuchenden Meerestiefe das Wasser nicht bis in das Rohr *T* eindringen kann; auch könnte zu diesem Zwecke schon vor der Versenkung die Luft im Innenraum passend komprimiert werden. Durch das Röhrensystem *m o n S*, dessen Schenkel *m* sich gegen den Innenraum *J* öffnet, steht dieser mit der Kammer *V* und dem Innern der Bourdon-Röhre *B* in Verbindung, deren Außenseite von der Luft im Innenraum *J* umspült wird. Der Inhalt der Röhren muß klein gegen das Volumen *V* sein. Denkt man sich die Röhren bis zur halben Höhe mit Quecksilber gefüllt, so ist die Kammer *V* von *J* hermetisch abgeschlossen und auf konstantem Druck. Schwankt nun der Druck im Meer am Ort des Instrumentes, so schwankt er ebenso im Raum *J*, und der Zeiger der Bourdon-Röhre registriert auf der Trommel *R* die Differenz zwischen den Drucken in *V* und in *J*. Ist durch steigenden Druck in *J* das Quecksilber bis zum Scheitel des im Rohr *S* angebrachten Hebers gestiegen, so entleert dieser das Röhrensystem *m o n S*. Das aus dem Heber in das Gefäß *F* ausfließende Quecksilber fällt auf den Napf *P* und verschließt dabei mit Hülfe der mit *P* verbundenen Hebelübertragung *l* das Rohr *T*, damit nicht eine Druckänderung im Außenraum *C*, die während der Zeit eintreten könnte, während deren die Räume *V* und *J* durch das entleerte Rohr *m o n* kommunizieren, unregistriert bleibe. Zugleich hat dieselbe Hebelübertragung *l* bewirkt, daß aus dem Behälter *E* eine automatisch abgemessene Menge Quecksilber in das Gefäß *D* übergegangen ist, die nach dem Druckausgleich in *V* und *J* aufs neue das Rohrsystem *m o n S* halb füllt. Ist diese bestimmte neue Quecksilbermenge durch *D* hindurchgelaufen, so schließen sich die Röhren *r* und *q*, und zugleich öffnet sich das Rohr *T* wieder, womit eine weitere Registrierperiode beginnt. Zu berücksichtigen ist, daß beim Druckausgleich in *V* und *J* der Druck im Raum *J* etwas zurückgeht, sodaß der Ausgangswert der neuen Registrierung nicht genau dem Endwert der vorhergehenden Periode gleichkommt. Die deshalb erforderliche Korrektion kann aus den Dimensionen berechnet und durch Vorversuche verifiziert werden. Um auch starke Abnahme des Druckes, die das Quecksilber im Schenkel *m* zu hoch steigen ließe, in analoger Weise in Absätzen registrieren zu können, müßte eine ebensolche Hebereinrichtung wie in *S* auch im Schenkel *m* untergebracht werden. Mit dieser Einrichtung soll somit die Registrierung der absoluten Werte des Druckes in großen Intervallen ermöglicht werden.

Es ist klar, daß zwischen dem Entwurf dieses Apparates und der praktisch brauchbaren Konstruktion eines solchen Instrumentes, das unter Wasser absolute Druckregistrierungen ausführen soll, noch ein weiter Weg liegt. Es wird nicht leicht zu erreichen sein, daß das geforderte Öffnen und Schließen des Rohres *T* durch das ausfließende Quecksilber der vorigen Registrierperiode wirklich sicher und genau besorgt wird. Auch muß man nicht annehmen, daß ohne weiteres so in Absätzen die ganze Druckzunahme von der Meeresoberfläche bis zu einer größeren Tiefe registriert werden könne, da während des Versenkens und Aufholens des Apparates ein ruhiges Funktionieren desselben nicht wohl denkbar ist, abgesehen davon, daß die Temperaturänderungen während des Durchschreitens der Wasserschichten den Druck in der Kammer *V* schwer kontrollierbar beeinflußten. Die Konstruktion müßte also doch wohl ähnlich wie beim Mensingschen Hochseepegel so eingerichtet werden, daß erst, wenn der Apparat auf dem Meeresgrund steht, Kommunikation zwischen dem Meer und dem Raum *J* eintritt, den man schon vor dem Versenken auf einen passenden Anfangsdruck gebracht hat. Ein Heber im Rohr *m* könnte vielleicht die Mensingsche Vorrichtung ersetzen, die beim Aufholen des Apparates die Räume *V* und *J* in Verbindung setzt.

Die Konstruktion eines solchen Druckmessers wäre der Hauptschritt zur Einrichtung vollständiger submariner Beobachtungsstationen, zu denen daneben entsprechende Instrumente zur Registrierung der übrigen Elemente gehörten. Apparate zur Registrierung der Temperatur, der Stromrichtung und Stromgeschwindigkeit sind bereits vorhanden, und zur Registrierung der Dichte des Meerwassers könnte vielleicht das Prinzip dienen, das Guglielmo in den *Rend. Accad. dei Linc.* **9.** *S. 33. 1900* aufgestellt hat. *Dr. H. Maurer.*

Ein großer Quarzspektrograph.

Von P. Lewis. *Astrophys. Journ.* **23.** *S. 390. 1906.*

Durch eine Unterstützung seitens der *Carnegie Institution* wurde es dem Verf. ermöglicht, zwei Quarzprismen und zwei Quarzlinsen von ungewöhnlicher Größe zu erwerben, die er zur Konstruktion eines Quarzspektrographen benutzte. Die beiden Linsen sind plankonvex geschliffen und haben 92 *mm* Öffnung bei 1 *m* Brennweite für die gelben Natriumlinien. Die je aus einer rechts- und einer linksdrehenden Hälfte zusammengesetzten 60°-Prismen sind 68 *mm* hoch und haben 92 *mm* Seitenlänge. Der ganze Spektrograph hat, da die Ablenkung durch die zwei Prismen nahe 90° beträgt, die Form eines rechten Winkels, dessen beide Schenkel der 1 *m* lange zylindrische Kollimator und die ebenso lange, sich zur Kassette hin konisch erweiternde Kamera bilden. Um mit dem großen Apparate bequem arbeiten zu können, wurde er so auf einem Gestell befestigt, daß die Kamera nach unten gerichtet ist, während der Kollimator in Tischhöhe nahe horizontal liegt.

Die beiden Prismen sind einzeln durch Schrauben von außen her zu drehen, sodaß sie für beliebige Strahlen in das Minimum der Ablenkung eingestellt werden können. Die Bildfläche ist, da Kollimator- und Kameraobjektiv nicht achromatisch sind, etwa 45° geneigt und außerdem stark gewölbt. Die Kassette wurde daher in bekannter Weise für Films, die der Bildfläche entsprechend gekrümmt werden, eingerichtet. Hierdurch gelang es, auf der 40 *cm* langen Strecke von λ 2100 bis λ 6000 scharfe Aufnahmen zu erhalten. Während im optischen Teile des Spektrums die Dispersion des Apparates nur gering ist, übertrifft sie im Ultraviolett diejenige der ersten Ordnung eines großen Gitters. Im Vergleich zum Gitter zeichnet sich der Quarzspektograph aber durch ganz erheblich größere Lichtstärke aus. So genügte für das Bogenspektrum des Eisens eine Belichtung von einer Sekunde, während bei dem Gitter etwa eine halbe Minute nötig ist. Der Apparat wird daher zur genauen Untersuchung lichtschwacher Spektra sehr wertvolle Dienste leisten. *J. H.*

Das Ulbrichtsche Kugelphotometer.

R. Ulbricht, Die Bestimmung der mittleren räumlichen Lichtintensität durch nur eine Messung, *Elektrotechn. Zeitschr.* **21.** *S. 595. 1900*; Die Vorgänge im Kugelphotometer, *ebenda* **26.** *S. 512. 1905*; Die hemisphärische Lichtintensität und das Kugelphotometer, *ebenda* **27.** *S. 50. 1906.* — L. Bloch, Das Kugelphotometer in Theorie und Praxis, *ebenda* **26.** *S. 1047 u. 1074. 1905.* — M. Corsepius, Eine Ausführungsform des Ulbrichtschen Kugelphotometers, *ebenda* **27.** *S. 468. 1906.* — B. Monasch, Versuche mit Hülfsapparaten zur Bestimmung der mittleren sphärischen und mittleren hemisphärischen Lichtstärke, *ebenda* **27.** *S. 669 u. 695. 1906.* — Bemerkungen dazu von Ulbricht und Monasch, *ebenda* **27.** *S. 803. 1906.*

Mit den Fortschritten der Beleuchtungstechnik mehren sich auch die Ansprüche, die an die Photometrie gestellt werden. Insbesondere hat sich bei der immer mehr zunehmenden Mannigfaltigkeit der gebräuchlichen Lichtquellen die Notwendigkeit fühlbar gemacht, die mittlere räumliche Lichtstärke oder den Lichtfluß anstatt aus einer langen Reihe von Beobachtungen durch eine oder wenige Messungen zu ermitteln. Dazu geeignete Apparate, für die neuerdings der passende Name Integratoren vorgeschlagen ist, sind seit etwa 10 Jahren mehrfach konstruiert worden, z. B. das Lumenmeter[1]) und das Photomesometer[2]) von Blondel, das integrierende Photometer von Matthews[3]) und ein Photometer von Houston und Kenelly[4]). Aber alle diese Vorrichtungen, die Spiegel benutzen und von recht kompliziertem Bau sind, wurden in den Schatten gestellt durch die geniale Methode, die Ulbricht im Jahre 1900 veröffentlicht hat. Das Prinzip seines Apparats, den er Kugelphotometer nennt, beruht auf folgender Überlegung.

[1]) *Compt. rend.* **120.** *S. 311 u. 550. 1895.*
[2]) *L'éclairage électrique* **8.** *S. 49. 1896.*
[3]) *Trans. Amer. Inst. of Electr. Eng.* **19.** *S. 1465. 1902.*
[4]) *Electrical World* **27.** *S. 509. 1896.*

Eine Lichtquelle L (Fig. 1) von dem Lichtstrom $4\pi J$ mit beliebiger Lichtverteilung befinde sich irgendwo in einer mattweißen, für Licht undurchlässigen Hohlkugel mit dem Radius r. Ist dann Q die Lichtmenge, die die Flächeneinheit der Kugel von der Lichtquelle erhält, so ist die Flächenhelle dieser Flächeneinheit

$$H = (1 - a)\frac{Q}{\pi},$$

wenn a der absorbierte Bruchteil des auf die Kugelfläche auffallenden Lichtes ist. Diese Flächeneinheit beleuchtet jede andere der Kugel, weil, wie Ulbricht sich ausdrückt, der Einfluß der verschiedenen Flächenabstände durch den der verschiedenen Flächenneigungen aufgehoben wird, mit dem gleichen Lichtstrom $\frac{(1-a)Q}{4r^2\pi}$. Daraus folgt, daß die Beleuchtung der Hohlkugel durch *indirektes*, diffus reflektiertes Licht an allen Stellen die gleiche ist, wie verschieden auch die direkte Beleuchtung der Kugelwandung verteilt sein mag.

Ist der direkt ausgesandte Lichtstrom $4\pi J$, so ist der indirekt von der Kugelfläche ausgehende infolge der wiederholten Reflexionen

$$(1-a)4\pi J + (1-a)^2 4\pi J + \ldots\ldots = \frac{1-a}{a}4\pi J,$$

die indirekte Beleuchtung der Flächeneinheit also

$$Q_i = \frac{(1-a)J}{a \cdot r^2},$$

mithin eine J proportionale Größe. Diese Größe Q_i wird photometriert.

Der Ulbrichtsche Apparat besteht aus einer innen mattweißen Hohlkugel (Fig. 1), die oben eine mit einem Deckel verschließbare Öffnung zum Einsetzen der zu messenden Lichtquelle L, in halber Höhe eine durch eine matte, Licht hindurchlassende Scheibe M verschlossene Öffnung und innen eine Blende B besitzt, die verhindert, daß direktes Licht von L auf M fällt. M wird also nur von indirektem Licht beleuchtet. Das von M nach außen hinaustretende Licht passiert die kreisförmige Öffnung eines Schirmes S und wird dann mit einer beliebigen photometrischen Einrichtung (in der Figur einer geraden Photometerbank mit Aufsatz und Vergleichsglühlampe) gemessen. Man setzt in die Kugel zunächst eine Lichtquelle von bekanntem Lichtfluß ein, also etwa eine Glühlampe, deren mittlere räumliche Lichtstärke J_1 nach der alten Methode durch viele Messungen und Rechnung bestimmt ist, und danach die zu messende Lampe. Das Verhältnis der aus der Öffnung von S austretenden Lichtstärken ist gleich dem der mittleren räumlichen Lichtstärken der beiden Lampen. Oder anders ausgedrückt: man eicht zunächst das Photometer, indem man die Lichtstärke H_1 der Öffnung von S für die mittlere räumliche Lichtstärke J_1 bestimmt. So erhält man die Konstante oder den Festwert des Photometers $K = J_1/H_1$. Daraus bestimmt sich für eine beliebige Lichtquelle $J = KH$, wenn H die Lichtstärke der Öffnung von S nach Einführung der zu messenden Lampe bedeutet.

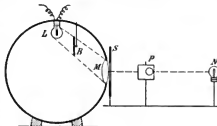


Fig. 1.

Unter den Fehlerquellen ist zunächst die mangelhafte Gültigkeit des Kosinusgesetzes zu nennen, das ja bei der Ableitung von Q_i benutzt ist. Aber die Abweichungen sind bei möglichst gut diffusen Flächen so gering, daß man sie hier vernachlässigen kann. Wichtige Fehlerquellen liegen in der Blende und in den Armaturen der Lampen (z. B. bei Bogenlampen), und diese haben Ulbricht und die anderen genannten Autoren genauer studiert.

Für die Blende empfiehlt Ulbricht bei kleinen Kugelphotometern durchscheinendes Material. Im allgemeinen kann man aber mit einer undurchscheinenden, auf beiden Seiten mattweißen Blende auskommen. Die günstigste Lage der Blende in der Kugel wird von

Ulbricht berechnet. Die Lichtquelle soll, damit die indirekte Bestrahlung der Milchglasscheibe M nicht zu sehr durch die Blende beeinträchtigt wird, so gestellt werden, daß die Teile der Kugelwandung, die durch die Blende verdeckt werden, wenn man von der Milchglasscheibe aus beobachtet, keine zu starke Strahlung der zu messenden Lampe erhalten. Corsepius empfiehlt, die Blende so groß zu machen, daß noch ein nicht zu schmaler Schattenring von der direkten Strahlung das Milchglasfenster umgibt.

Sehr wichtig ist der Einfluß der nicht leuchtenden Lampenteile, also der Lampenhalter und Gestelle, die Ulbricht als „Fremdkörper in der Kugel“ bezeichnet und untersucht. Es ist einleuchtend, daß sie um so mehr stören, je größer ihr Umfang im Vergleich zu dem der Meßkugel ist. Theoretisch und durch Messung wird diese Wirkung verfolgt an einer massiven schwarzen oder weißen Kugel von 100 *mm* Durchmesser, die in ein Kugelphotometer von 500 *mm* Durchmesser gebracht wurde, und zwar an verschiedenen Stellen der Hohlkugel.

Es ergibt sich, daß die Wirkung eines Fremdkörpers auf das reflektierte Licht im wesentlichen unabhängig ist von der Lage des Fremdkörpers, abhängig dagegen von seiner wirksamen Oberfläche und von deren Absorptionsgröße. Solche Fremdkörper verändern natürlich den Wert der Konstante K, und zwar wird K um so größer, je größer der Fremdkörper ist. Man muß daher prinzipiell das Photometer für jede Armaturart besonders eichen. Der Einfluß eines Fremdkörpers im direkten Licht ist natürlich sehr groß; das Lampengestell nimmt ja oft ziemlich viel von dem Licht der Lichtquelle fort. Aber dieser Teil fällt auch bei betriebsmäßiger Benutzung der Lampe fort, und das muß daher auch bei der Messung zur Geltung kommen. Dagegen sollen alle Fremdkörper, die nicht zur Lampe gehören, möglichst vermieden oder, wenn dies nicht möglich ist, gut diffus reflektierend gemacht werden. Stark glänzende Teile des Lampengestells müssen mattiert werden, wenn sie das Milchglasfenster direkt beleuchten können.

Um das Photometer für eine bestimmte Lampenart, etwa eine Bogenlampe, zu eichen, empfiehlt Ulbricht das in Fig. 2 skizzierte Verfahren. Das Lampengestell wird von oben in die Kugel gehängt und eine Glühlampe L_1 von bekanntem Lichtstrom $4\pi J_1$ unten in der Kugel angebracht. Die Blende B hält das direkte Licht des Lichtbogens, B_1 das der Glühlampe von dem Milchglasfenster fern, während die kleine Blende b dazu

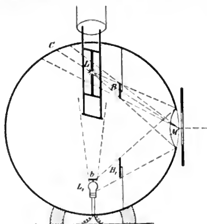
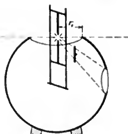


Fig. 2.


Fig. 3.

dient, das direkte Licht der Glühlampe von dem Bogenlampengestell abzuhalten. Man bestimmt nun die Lichtstärke H_1 der Schirmöffnung, während L_1 brennt, L aber ausgelöscht ist, und erhält dann wieder $K = J_1/H_1$. Diese Methode ist deshalb sehr vorteilhaft, weil man Eichung und Messung bequem aufeinander folgen lassen und leicht wiederholen kann.

Ulbricht zeigt weiter, wie man mit seinem Kugelphotometer auch die hemisphärische Lichtstärke messen kann. Er untersucht diese Frage sogar sehr ausführlich, aber nicht

ohne die sehr zutreffende Warnung hinzuzufügen: Es muß immer wieder davon abgemahnt werden, der hemisphärischen Messung eine Bedeutung beizulegen, die ihr nicht zukommt.

Für derartige Messungen wird ein Kugelphotometer benutzt, bei dem durch einen horizontalen Schnitt oben eine Kalotte abgehoben ist (Fig. 3). Statt dessen kann auch der oberhalb der Schnittebene liegende Teil der Kugel mattschwarz beschlagen (etwa durch Sammet) oder gefärbt sein. Bringt man dann eine Lichtquelle von punktförmiger Be-



Fig. 4.

schaffenheit genau in die Schnittkreisebene, so entspricht der Lichtstrom, den der untere Kugelteil erhält, dem der unteren Hemisphäre. Die photometrische Messung kann dann genau in der oben beschriebenen Weise erfolgen, jedoch muß dafür gesorgt werden, daß bei der Eichung der der abgeschnittenen Kalotte entsprechende Teil der Kugel im Schatten der kleinen Blende *b* (Fig. 2) liegt.

Ist die Lichtquelle räumlich erheblich ausgedehnt, z. B. eine Lampe mit Glocke und Reflektor, so entsteht die Frage, wie tief sie in die Kugel eingetaucht werden muß. Diese Eintauchtiefe wird von dem Durchmesser des Schnittkreises, der die obere Kalotte abtrennt, und von den Dimensionen der Lampe abhängen. Ulbrichts Betrachtungen führen zu

folgenden Ergebnissen: Der Radius r_1 des Schnittkreises soll mindestens so groß sein wie der Durchmesser D der Lampenglocke, wenn nur eine solche vorhanden ist. Hat der Leuchtkörper nicht Kugelform (wie z. B. bei Lampen mit Reflektoren), so bestimmt sich die Größe D durch die kleinste Kugel, die man um den Leuchtkörper beschreiben kann. Besser ist es natürlich, wenn r_1 größer als D ist. Die Eintauchtiefe wird bestimmt, indem man in dem Abstand $r_1\sqrt{3}$ von der vertikal angenommenen Achse der Lampe diejenige Höhe sucht, in der ein horizontales Flächenstückchen unten und oben gleich stark beleuchtet ist. Diese Bestimmung will Ulbricht mit einem Fettfleckpapier ausführen, wobei aber zu bemerken ist, daß der Fettfleck keineswegs immer bei gleich starker Beleuchtung beider Papierseiten verschwindet.

Seine grundlegenden Versuche hat Ulbricht, wie bereits erwähnt, mit einer Kugel von nur 0,5 *m* Durchmesser vorgenommen. Zur Untersuchung der Fehlerquellen ist auch offenbar eine kleinere Kugel geeigneter als eine große. Für praktische Messungen empfiehlt es sich aber, recht große Kugeln zu verwenden. Bloch hat mit einer Kugel von 1 *m* Durchmesser gearbeitet, während Monasch und Corsepius solche von 2 *m* Durchmesser verwenden. Letzterer hat die für große Photometer sehr vorteilhafte Einrichtung getroffen, daß seine Kugel aus zwei durch eine vertikale Ebene getrennten Halbkugeln besteht. Die eine Hälfte mit Lampe, Blende und Milchglasfenster ist fest, während die andere mit Hülfe eines auf Schienen laufenden Wagens an die erste herangeschoben oder von ihr entfernt werden kann.

Kleine Kugeln können aus Glas bestehen oder aus Metall gedrückt sein; für größere, von wesentlich über 1 *m* Durchmesser baut man nach dem Vorgang von Monasch und Corsepius ein aus versteiften eisernen Meridiankreisen hergerichtetes Gestell und füllt dies mit einem geeigneten Material (Drahtgeflecht, Blech) aus, auf das die mattweiße Substanz gebracht wird. Diesen diffusen Anstrich stellt Ulbricht aus einer Mischung von Kreide und Wasserglas her, Corsepius aus Gips, Bloch und Monasch aus Baryumsulfat (Lithopone), das der letztere durch Zaponlack bindet.

Die Apparate, mit denen Ulbricht gearbeitet hat, stammen aus dem mechanischen Institut von Heinr. Stieberitz in Dresden. Diese Firma liefert Kugelphotometer von 0,5 *m* Durchmesser für 300 M., von 1 *m*, 2 *m* und 2,5 *m* Durchmesser zu 500, 600 und 650 M. Fig. 4 zeigt ein solches Instrument von 0,5 *m* Durchmesser.

Zu erwähnen ist noch, daß Monasch auch Versuche angestellt hat, bei denen er statt der Kugel eine Halbkugel mit mattweißem ebenen Deckel verwendet. Er kommt zu günstigen Ergebnissen für die allgemein gebräuchlichen Lichtquellen. Man wird aber Ulbricht beipflichten müssen, wenn er vor der Verwendung einer solchen Vorrichtung warnt, die nur den Vorteil einer geringen Ersparnis besitzt, dagegen den erheblichen Nachteil, daß ihre Anwendung sich theoretisch wenig rechtfertigen läßt und in etwas extremen Fällen erhebliche Fehler veranlassen kann.

Es soll vorläufig darauf verzichtet werden, näher auf die bisherigen Meßergebnisse mit dem Kugelphotometer einzugehen. Sie zeigen, daß man damit ausgezeichnete Resultate erhalten kann, wenn man sich in bezug auf die Fehlerquellen einige Erfahrung erworben hat. Bisher liegen nur Messungen an elektrischen Lampen vor, Ulbricht glaubt jedoch, daß sein Photometer, wenn es geeignet konstruiert und namentlich groß genug ist, sich auch für Lampen, die den Luftsauerstoff verbrauchen, mit Vorteil benutzen läßt.

E. Br.

Frahms Frequenz- und Geschwindigkeitsmesser.

Elektrotechn. Zeitschr. **26.** *S. 264. 1905;* **27.** *S. 557. 1906.*

Der Frahmsche Geschwindigkeitsmesser beruht ebenso wie derjenige von Kempf-Hartmann (vgl. *diese Zeitschr.* **21.** *S. 94. 1901*) auf dem Prinzip schwingender metallischer Zungen. Die einzelnen Zungen sind aus bestem Uhrfederstahl und haben die Abmessungen $0{,}25 \times 3 \times 40$ bis 50 *mm*. Sie werden mit Zwischenräumen von je 1 *mm* auf einen vierkantigen Eisen- oder Messingstab von $6{,}5 \times 6{,}5$ *mm* Querschnitt befestigt, sodaß sie gleichsam einen Kamm bilden. Die freien Enden der Zungen sind rechtwinklig umgebogen; das umgebogene

Ende ist mit weißer Emailiefarbe überzogen, um weithin sichtbar zu sein. In den Winkel am Kopfe wird ein Tropfen Lötzinn gebracht, mittels dessen man die Eigenfrequenz der Zungen auf 35 bis 100 Schwingungen pro Sekunde genau abstimmen kann.

Ein solcher Kamm wird nun mittels eines schwach federnden Bleches am Gehäuse der Maschine befestigt, deren Tourenzahl gemessen werden soll. Da der Schwerpunkt des rotierenden Teiles fast stets etwas exzentrisch liegt, so führt die ganze Maschine kleine Schwingungen aus, die die auf die betreffende Frequenz abgestimmte Zunge zum Ansprechen bringen. Genügen diese Erschütterungen nicht, um brauchbare Ausschläge der Zungen hervorzurufen, so setzt man auf die Achse eine Scheibe auf, deren Rand Erhöhungen und Vertiefungen hat. Gegen letztere läßt man einen Hebel schleifen, dessen Schwingungen man auf den Kamm überträgt.

Will man nun die Tourenzahl der Maschine in größerer Entfernung von ihrem Standort messen, so wird an dem Kamm ein Weicheisenstück befestigt, das sich vor den Polen eines kleinen Elektromagnetes befindet (vgl. die Figur). Handelt es sich um die Tourenzahl einer Wechselstrommaschine und damit also um die Periodenzahl des erzeugten Wechselstromes, so wird der Elektromagnet direkt an die Wechselstrommaschine angeschlossen. Handelt es sich um andere Maschinen, so wird ein kleiner Hülfsgenerator mit der betreffenden Maschine gekuppelt. Der Hülfsgenerator besteht aus einer gezahnten Weicheisenscheibe, deren Zähne sich an den Polen eines permanenten Magnetes vorüber drehen. Auf den Polen des letzteren sitzen Wicklungen, in denen Wechselströme im Takte der vorübergehenden Zähne erzeugt werden. Diese Wechselströme werden zur Erregung des Elektromagnetes benutzt, dessen Anker die Zungenreihe trägt.



Fr. Lux hat nun Versuche gemacht, die Angaben des Geschwindigkeitsmessers selbsttätig aufzeichnen zu lassen. Ein Versuch, dies dadurch zu bewerkstelligen, daß man die Zungen auf Papier hämmern ließ, schlug fehl. Dagegen führte eine photographische Registrierung zum Ziel.

Die umgebogenen Köpfe der Zungen liegen unmittelbar vor Röhrchen von etwa 20 *mm* Länge und 0,2 *mm* lichter Weite, die in Richtung der Verlängerung der Zungen aufgestellt und in der Längslinie eines zylindrischen Gehäuses befestigt sind, in dem sich eine mit Bromsilberpapier bespannte Trommel dreht. Beleuchtet man nun den Kamm von hinten her durch eine passende Lichtquelle, z. B. einen Auer-Strumpf, so kann nur durch dasjenige Röhrchen, dessen zugehörige Zunge schwingt, ein Lichtstrahl auf die Trommel fallen.

Die Registriervorrichtung kann auch dazu benutzt werden, den Ungleichförmigkeitsgrad von Maschinen zu bestimmen. Am besten wird dies auf folgendem Wege erreicht. Man setzt die Trommel mit dem photographischen Papier auf die Achse der zu untersuchenden Maschine und erregt nur eine Zunge auf gleichbleibende Schwingungszahl, was z. B. durch einen Saitenunterbrecher geschehen kann. Man erhält dann auf dem Papierstreifen eine Reihe von Punkten, aus deren Abständen man auf den Ungleichförmigkeitsgrad schließen kann.

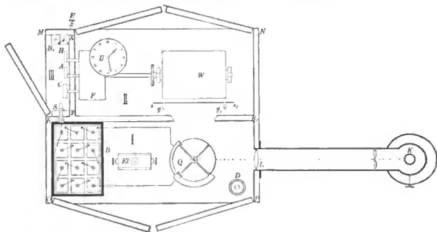
Um einigermaßen genaue Resultate zu bekommen, müßte man den Durchmesser der Trommel ziemlich groß wählen und die Vorrichtung so ausbilden, daß die einzelnen Punkte bei jeder Umdrehung übereinander fallen, weil bei einer einmaligen Umdrehung die Empfindlichkeit des photographischen Papieres kaum ausreichen dürfte. Resultate, die mit dieser Methode gewonnen sind, liegen noch nicht vor. *E. O.*

Ein transportables Quadrantelektrometer mit photographischer Registrierung.

Von J. Elster und H. Geitel. *Physik. Zeitschr.* **7.** *S. 493. 1906.*

Die Verf. berichten über ein Instrument, das sie zur Registrierung des Potentialgefälles der atmosphärischen Elektrizität auf Palma (Mallorka) am 30. August 1905 mit Erfolg benutzt haben. Der Apparat, den sie unter Mitwirkung der Firma Günther & Tegetmeyer in Braunschweig konstruiert haben, stellt eine Verbesserung des als Stationsinstrument vielfach benutzten Benndorfschen Registrierelektrometers für luftelektrische Messungen[1]) dar. Der Grundriß der gesamten Anordnung ist in der Figur wiedergegeben.

MNOP ist ein rechteckiger, auf Stellschrauben ruhender, durch Klapptüren lichtdicht verschließbarer Kasten von 54 *cm* Länge, 44 *cm* Breite und 46 *cm* Höhe, der durch zwei Scheidewände RR_1 und *Xy* in drei Abteilungen *I*, *II* und *III* geteilt ist.



In *I* befindet sich ein Quadrantelektrometer *Q* der Elster und Geitelschen Form[2]), dessen isolierende Teile durchweg aus Bernstein gefertigt sind, die Hülfsbatterie *B* und die Libelle *D*.

Um mit den 12 Trockenelementen der Batterie *B* alle gewünschten Grade der Empfindlichkeit herstellen zu können, verwenden die Verf. folgende Schaltung.

Der Kollektor, dessen Potentialdifferenz gegen Erde zu messen ist, wird mit der Nadel verbunden, während an die Quadranten, je nach der erforderlichen Empfindlichkeit, die Pole eines Trockenelementes oder einer in der Mitte geerdeten Batterie von 2, 4, 6, 8, 10, 12 solchen Elementen gelegt werden. Bei Verwendung nur einer Zelle reicht das bequeme Meßbereich von 100 bis 250 Volt, bei Verwendung aller 12 Zellen können Potentialdifferenzen von 0 bis 50 Volt mit genügender Genauigkeit gemessen werden. Das Anschalten der erforderlichen Anzahl von Elementen an die Quadranten erfolgt mit Hülfe des in Ebonit gearbeiteten Schaltbretts *S* in *III*.

Das Elektrometer läßt sich, wenn erforderlich, aus *I* entfernen. Es ist so justiert, daß die symmetrische Lage der Nadel zu den Quadranten erreicht ist, wenn die Libelle *D* einspielt.

Die Registrierung der Elektrometerausschläge erfolgt auf der mit photographischem Papier umkleideten Walze *W* in *II*, die durch das Uhrwerk *FU*, je nach der Stellung des Hebels *H* in *III*, innerhalb 24 oder innerhalb 2 Stunden einmal um ihre Achse gedreht wird.

[1]) *Physik. Zeitschr.* **7.** *S. 98. 1906.*

[2]) *Wied. Ann.* **64.** *S. 680. 1898.*

C und *A* in *III* sind der Schlüssel und die Arretierung des Uhrwerks. Ein feiner horizontaler Schlitz in der Metallplatte $s s_1$ in *II* reduziert das von der Linse *L* entworfene Bild eines durch die Lampe *K* erleuchteten vertikalen Spaltes auf einen Punkt.

Die Zeitmarken werden auf dem photographischen Papier durch die Glühlämpchen g und g_1 in *II* hervorgebracht, die mittels der Hülfsbatterie B_1 in *III* automatisch jede Stunde einmal betätigt werden. Durch Schließung eines Kontaktes können solche Marken auch willkürlich zu jeder anderen Zeit erzeugt werden.

Als Kontrollinstrument ist auf dem oberen Boden des Raumes *I* ein Exnersches Elektroskop *El* mit Spiegelskale, Bernsteinisolation und Natriumtrocknung angebracht, dessen Blättchen dauernd mit der Elektrometernadel in Verbindung stehen. Dies in Volt geeichte Instrument erlaubt einerseits stets festzustellen, ob das Quadrantelektrometer auf die richtige Empfindlichkeit geschaltet ist, andrerseits gestattet es jederzeit die Ablenkung der Elektrometernadel in Volt festzulegen. Wenn man nämlich in dem Moment, wo man die Angabe des Elektroskops abliest, die Batterie B_1 schließt und die Zeit nach der Uhr *U* notiert, so schneidet auf dem Photogramm die Verbindungslinie der hierdurch festgelegten Marken die registrierte Kurve in dem durch die Ablesung ausgewerteten Punkte.

Kleine Änderungen in der Ruhelage der Elektrometernadel, die niemals ganz zu vermeiden sind, lassen sich, auch wenn der Apparat im Betriebe ist, mittels einer einfachen Vorrichtung leicht kontrollieren und eventuell korrigieren.

Um eine möglichst kontinuierliche Tätigkeit des Apparats zu sichern, sind ihm zwei Walzen *W* beigegeben. Die Auswechselung muß entweder in einer Dunkelkammer oder, wenn eine solche nicht zur Verfügung steht, nachts erfolgen.

Den Anschluß an den Kollektor vermittelt ein den oberen Boden von *I* durchsetzender, vorzüglich isolierter Metallstift. Alle Teile des Apparats, die zu erden sind, stehen mit der Klemme *E* in leitender Verbindung.

Die Photogramme sind 376 *mm* lang und 145 *mm* breit. Bei der 24 Stunden-Schaltung entspricht daher einer Stunde eine Strecke von etwa 16 *mm*, bei der 2 Stunden-Schaltung einer Minute eine solche von etwa 3 *mm*. Den beschleunigten Umlauf empfehlen die Verf. für Fälle, wo Intensitätsschwankungen des elektrischen Feldes der Erde innerhalb kurzer Zeiträume vermutet werden. *H. Sch.*

Neu erschienene Bücher.

H. Kobold, Der Bau des Fixsternsystems mit besonderer Berücksichtigung der photometrischen Resultate. Heft 11 der „Wissenschaft", Sammlung naturwissensch. und mathematischer Monographien. 8°. XI, 256 S. m. 19 eingedruckten Abbildgn. u. 3 Taf. Braunschweig. F. Vieweg & Sohn 1906. 6,50 M.

Durch Kopernikus ist uns die bescheidene Rolle, welche die Erde im Sonnensystem spielt, bekannt geworden; welche Stellung aber das Sonnensystem im großen Fixsternsystem einnimmt, das ist eine zurzeit noch ungelöste Frage. Auf ihre Beantwortung sind aber gerade jetzt die Bemühungen der Astronomen besonders gerichtet, nachdem die großen, auf den Sternwarten zu Bonn, Córdoba (Argentinien) und Kapstadt ausgeführten Durchmusterungen des Himmels uns das hierfür unbedingt nötige, aber auch beste Material, nämlich Verzeichnisse der Örter und Helligkeiten sämtlicher Sterne, teils bis zur 9,5., teils bis zur 10. Größe, in die Hand gegeben haben. Dadurch ist es uns ermöglicht, zunächst wenigstens über die Verteilung der Sterne an der Himmelskugel sichere Daten zu gewinnen, z. B. über das Maß, in welchem sie sich nach der Milchstraße zusammendrängen, über das Verhältnis, in welchem die Sterne der verschiedenen Größenklassen an den verschiedenen Stellen des Himmels vorkommen, u. s. w.

Um aus der scheinbaren Verteilung der Sterne an der Sphäre auf ihre räumliche Verteilung zu schließen, geht es nun freilich ohne eine mehr oder minder plausible Hypothese

nicht ab. So kann man beispielsweise eine gleichmäßige Verteilung der Sterne im Raum annehmen und ihr scheinbares Sichzusammendrängen an gewissen Stellen durch eine größere Ausdehnung des Fixsternsystems nach diesen Richtungen hin erklären, oder man kann die Sterne sämtlich von gleicher Leuchtkraft annehmen und ihre verschiedene Helligkeit durch ihre verschieden große Entfernung von uns bedingt sein lassen, oder man kann für gleiche Räume des Weltalls das Zahlenverhältnis zwischen den Sternen von verschiedener Leuchtkraft als konstant ansehen.

Alle diese Fragen werden von dem durch seine eignen Untersuchungen auf diesem Gebiet besonders bewanderten Verf. ausführlich erörtert. Wir erfahren ferner, wie auch die Photographie dazu beiträgt, unser Bild vom Bau des Fixsternsystems zu vervollständigen und manche früher gehegte irrige Ansicht zu berichtigen. Ihr haben wir es namentlich zu danken, wenn wir jetzt mit großer Sicherheit aussprechen können, daß die Nebel mindestens zum großen Teil unserem Fixsternsystem selbst angehören und nicht außerhalb desselben stehende eigene Fixsternsysteme darstellen. Eine offene Frage ist es aber noch, ob wir in den Nebeln das Material für sich erst noch bildende Sterne zu sehen haben oder nicht.

Mit gewohnter Gründlichkeit behandelt Verf. auch die aus den Eigenbewegungen der Fixsterne ableitbaren Folgerungen, deren wichtigste jedenfalls die fortschreitende Bewegung unseres Sonnensystems ist.

Die Erörterung der in dem Werk zur Diskussion kommenden Fragen, von denen wir einige der interessantesten herausgegriffen haben, ist nicht gerade leicht, und das Werk ist auch nicht ohne geistige Anstrengung und gute mathematische Kenntnisse zu lesen. Dafür gibt es aber dem Leser einen Einblick in den heutigen Stand der astronomischen Forschung, welche sich auf den Bau des Fixsternsystems bezieht, auf Fragen also, deren Beantwortung eines der höchsten Ziele der Astronomie bildet. *Kn.*

S. H. Lea, *Hydrographic Surveying. Methods, tables and forms of notes.* 8°. 180 S. London 1906. Geb. in Leinw. 8,50 M.

W. Louguinine u. A. Schükarew, Handbuch der Kalorimetrie auf Grundlage von im Thermischen Laboratorium des Physikalischen Instituts der Universität zu Moskau ausgearbeiteten oder erprobten Methoden. gr. 8°. VI, 185 S. m. 8 Taf. Moskau 1905. 10 M.

Fortschritte der Physik im J. 1905. Dargestellt von der Deutschen Physikalischen Gesellschaft. 61. Jahrg. gr. 8°. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn.

1. Abtlg. Allgemeine Physik, Akustik, physikalische Chemie, red. v. K. Scheel. XXXIX, 670 S. 1906. 28 M.

Handbuch der anorganischen Chemie. In 4 Bdn., hrsg. v. Prof. Dr. R. Abegg. III. Bd., 1. Abtlg. Die Elemente der 3. Gruppe des period. Systems. Lex. 8°. X, 466 S. m. 7 Fig. Leipzig, S. Hirzel 1906. Subskr.-Pr. 15 M.; geb. 17 M.; Einzelpr. 17 M.; geb. 19 M.

R. W. Wood, *Physical Optics.* roy. 8°. 560 S. m. Fig. London 1906. Geb. in Leinwand 15,50 M.

C. Fabry, *Les Piles électriques.* 8°. 172 S m. Fig. Paris 1906. 2 M.

J. A. Fleming, *Principles of Electric Wave Telegraphy.* 8°. 692 S. m. Fig. Geb. in Leinw. 25 M.

F. Beilstein, Handbuch der organischen Chemie. 3. Aufl. Ergänzungsbände. Hrsg. v. der Deutschen chem. Gesellschaft, red. v. P. Jacobson. 4. Ergänzungsbd., entsprechend dem 4. Bde. des Hauptwerkes. Lex. 8°. XVI, 1218 S. Hamburg, L. Voss 1906. 34,20 M.; geb. in Halbfrz. 38 M.

Klauser u. Lahn, Lehrbuch der Vermessungskunde. Für den Gebrauch an Gewerbeschulen zugleich als Hülfsbuch f. Bau- u. Maschinentechniker u. s. w. bearb. u. hrsg. v. Gewerbesch.-Prof. Ing. A. Cappilieri. 3. Aufl. gr. 8°. VI, 138 S. m. 109 Fig. u. 1 Taf. Wien, F. Deuticke 1906. 3 M.

R. W. Wilson, *Laboratory Astronomy.* 8°. IX, 189 S. m. Fig. Boston 1906. Geb. in Leinw. 6 M.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Kuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied, Dr. **H. Krüss**, Prof. Dr. **S. Czapski**.

Redaktion: Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XXVI. Jahrgang. **November 1906.** Elftes Heft.

Rotierender Unterbrecher für Kapazitäts- und andere Messungen.

Von
F. Kurlbaum und **W. Jaeger**.
(Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.)

Im folgenden soll ein nach dem bekannten Prinzip des Sekohmmeters[1]) konstruierter rotierender Unterbrecher für *hohe* Unterbrechungszahlen beschrieben werden, der seit längerer Zeit in der Reichsanstalt zu absoluten Kapazitäts- und anderen Messungen benutzt wird. Der im Jahre 1902 in der Reichsanstalt angefertigte Apparat war in seiner jetzigen Gestalt auf der Weltausstellung in St. Louis 1904 ausgestellt[2]), da er sich schon damals bei einer großen Zahl von Messungen gut bewährt hatte.

Von dem *Bureau of Standards* in Washington[3]) wurde kürzlich ein ähnlicher Apparat beschrieben, mit dem sehr genaue Kapazitätsmessungen ausgeführt worden sind. Derselbe besteht wie der hier beschriebene Apparat im Prinzip aus zwei gegen einander versetzten Kommutatoren, die auf einer gemeinsamen Achse befestigt sind. Während aber die erwähnten Sekohmmeter nur 2 Kontakte, der Apparat des *Bureau of Standards* 4 Kontakte besitzt, ist der Apparat der Reichsanstalt mit 30 Kontakten versehen, um möglichst hohe Unterbrechungszahlen zu erreichen. Es war von vornherein nicht mit Sicherheit zu erwarten, daß der Apparat bei großen Tonrenzahlen noch zuverlässig funktionieren würde, da die Eigenschwingungen der Federn Störungen veranlassen konnten; doch ist es Hrn. Giebe in der Reichsanstalt neuerdings gelungen, bis über 1100 Unterbrechungen in der Sekunde noch gute Resultate zu erhalten (siehe unten).

Ein ganz ähnlicher Apparat mit vielen Unterbrechungsstellen ist bereits in einfacher Form im Jahre 1849 von Guillemin[4]) benutzt worden, um die Ladung eines Kondensators zu demonstrieren.

Zur absoluten Messung von Kapazitäten werden sonst auch Stimmgabel- oder Saitenunterbrecher benutzt, die den Vorteil sehr konstanter Unterbrechungszahl besitzen; doch ist der Gebrauch derselben wegen des häufigen Versagens der Quecksilberkontakte recht unbequem.

---

[1]) Vgl. z. B. Ayrton und Perry, *Journ. of the Instit. of Telegr. Eng. and Electricians* **16.** *S. 292. 1887;* J. J. Thomson und G. F. C. Searle, *Phil. Trans. Roy. Soc. London* **181.** *S. 583. 1890;* Glazebrook, *Rep. of the Brit. Ass., Leeds, 1890. S. 102.*

[2]) Siehe Katalog „Wissenschaftliche Instrumente auf der deutschen Unterrichtsausstellung zu St. Louis 1904“ *S. 114*; der Apparat ist auch erwähnt in den Tätigkeitsberichten der Reichsanstalt für 1902, 1903 und 1904, *diese Zeitschr.* **23.** *S. 152. 1903;* **24.** *S. 142. 1904;* **25.** *S. 109. 1905.*

[3]) Ross und Grover, *Bull. of the Bureau of Standards, Washington* **1.** *S. 153. 1905*; Referat in *dieser Zeitschr.* **26.** *S. 35. 1906.*

[4]) Guillemin, *Compt. rend.* **29.** *S. 521. 1849; Pogg. Ann.* **79.** *S. 332. 1850.*

Erwähnt sei noch, daß Werner Siemens zur Kapazitätsmessung die sogenannte selbsttätige Wippe[1]) verwandte, ein Apparat, der aus seinen selbstunterbrechenden Telegraphenapparaten hervorgegangen ist. Doch kann bei diesem Unterbrecher ebenso wie bei den erwähnten Sekohmmetern und dem Unterbrecher des *Bureau of Standards* die Unterbrechungszahl nicht so hoch gesteigert werden wie bei dem nachstehend beschriebenen Apparat, der in Fig. 1 in perspektivischer Ansicht, in den Fig. 2a, b, c in Ansicht, Grundriß und Schnitt dargestellt ist.

Der Unterbrecher besteht aus zwei durch eine Ebonitscheibe *e* getrennten Messingscheiben, die durch am Rand eingesetzte Ebonitstücke *s* nach Art des Kommutators einer Dynamomaschine ausgebildet sind. Zu dem Zweck sind in die Messingscheiben Lücken eingefräst, in welchen die Ebonitstücke mit drei Schrauben befestigt sind.

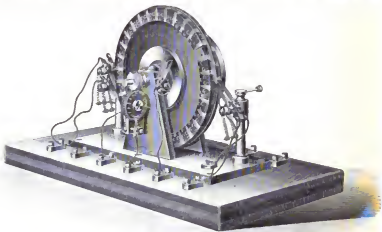


Fig. 1.

Den ursprünglichen Querschnitt der Messingscheiben, wie er noch an den zwischen zwei Ebonitstücken befindlichen Messingvorsprüngen stehen geblieben ist, zeigt die rechte Scheibe in Fig. 2c. In dieser Figur ist das Messing im Schnitt leicht, das Ebonit kräftig schraffiert. Die auf der linken Seite von Fig. 2c befindliche Scheibe läßt die Ebonitstücke *s* im Schnitt erkennen. Ein solches Ebonitstück ist in Fig. 2a am oberen Rande der Scheibe rechts fortgenommen; dasselbe zeigt Fig. 1, bei der das herausgenommene Ebonitstück auf dem Grundbrett des Apparates liegt. Die auf dem Umfang der Scheibe schleifenden, durch Spiralfedern angedrückten Kupferfedern f_1 und f_2 (Fig. 2a u. b) treffen abwechselnd die isolierenden Ebonitstücke und die am Scheibenkörper stehen gebliebenen Metallstücke *m*. Diese sind durch die Scheibe metallisch verbunden mit den auf der Ebene der Scheibe in der Nähe der Achse schleifenden Federn f_3 und f_4, die ebenso wie die Federn f_1 und f_2 mit Klemmen in Verbindung stehen, wie Fig. 1 zeigt. In Fig. 1 sind noch zwei Federnpaare zu sehen, die auf der linken Seite des Scheibenumfangs schleifen, in Fig. 2 aber weggelassen sind. Diese letzteren Federn ermöglichen es, den Apparat auch noch für

[1]) Werner Siemens, *Pogg. Ann.* **102.** *S. 66. 1857.*

andere Zwecke als zu Kondensatormessungen zu gebrauchen. Die beiden Messingscheiben sind, wie Fig. 2c zeigt, durch Ebonit-Platten und -Buchsen gegen die Achse und die Befestigungsstücke *b* isoliert. Von den Stücken *b* ist das eine angelötet, während das andere als Schraubenmutter ausgebildet ist, die auf einem in die Achse geschnittenen Gewinde aufsitzt und die Scheiben gegen das aufgelötete Metallstück preßt.

Die Achse ist über beide Lager hinaus verlängert und trägt an dem einen Ende eine Schnurscheibe *u*, auf dem anderen ein mit Schneckentrieb versehenes Rad r_1,

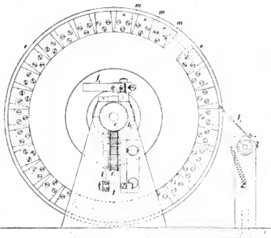


Fig. 2a.

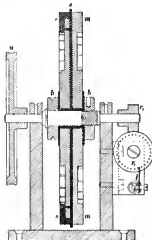


Fig. 2c.

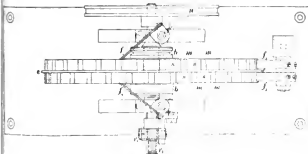


Fig. 2b.

welches das Zählwerk treibt. Die auf dem Umfang des Rades r_2 sitzenden Stifte dienen in bekannter Weise zur Herstellung eines elektrischen Kontakts mit der auf der Stange *t* (Fig. 2a) verschiebbaren Feder *l*. Die Stifte haben verschiedene Länge, um je nach der Tourenzahl entweder alle oder nur einzelne bezw. einen derselben benutzen zu können, was durch Verschieben der Feder auf der Stange erreicht wird.

Bei jeder Umdrehung der Scheibe wird der Kontakt der auf dem Umfang schleifenden Federn 30-mal unterbrochen, sodaß man zu ziemlich hohen Unterbrechungszahlen kommen kann.

Für Kapazitätsmessungen ist es dabei erforderlich, daß die Tourenzahl ganz konstant bleibt, weil sonst die Galvanometernadel nicht still steht. Für manche andere Messungen ist dies nicht nötig. Die Kontaktdauer zwischen den Federn und

den Metallstücken am Umfang des Umschalters kann gleichfalls mitunter in Frage kommen. Wenn die Dauer im Verhältnis zur ganzen Periodendauer zu kurz ist, wird bei hohen Unterbrechungszahlen und großer Kapazität der Kondensator nicht mehr genügend aufgeladen und es muß dann ein Korrektionsglied angebracht werden[1]. Andrerseits kann bei gutem Kontakt die von Heydweiller angegebene Methode zur Messung von Selbstinduktionskoeffizienten[2]) mit dem Apparat ausgeführt werden. Hr. Diesselhorst hat (*a. a. O.*) die Kontaktdauer und Güte des Kontakts an einem in der Reichsanstalt gebauten Apparat der hier beschriebenen Konstruktion untersucht. Er fand für das Verhältnis der Kontaktdauer τ zur Periodendauer T, wie auch aus der Zeichnung hervorgeht, rund $\tau/T = 1/3$. Die gute Übereinstimmung des auf verschiedene Weise von ihm ermittelten Verhältnisses τ/T läßt auf einen zuverlässigen Kontakt schließen.

Über die mit diesem Unterbrecher angestellten Kapazitätsmessungen und die an dem Apparat im Laufe der Zeit noch angebrachten Verbesserungen wird später Hr. Giebe, der sich mit diesen Messungen eingehend befaßt hat, selbst ausführlich berichten. Für diese Mitteilung hat er uns ein Beispiel zur Verfügung gestellt, um zu zeigen, was mit dem Apparat zu erreichen ist.

Zunächst möge eine ältere, von Hrn. G. Schulze im Januar 1903 angestellte Messung, die sich zwischen Unterbrechungszahlen $n = 23$ bis $n = 254$ bewegt, mitgeteilt werden. Die Spannung betrug 2 bezw. 4 Volt; der Kondensator war ein Glimmerkondensator von etwa 0,1 Mikrofarad, bei dem man also Konstanz der Kapazität bei wachsender Ladungszahl nicht erwarten darf. Es ergaben sich folgende zusammengehörige Werte von n und der Kapazität C.

n	C	n	C
23,2	0,09810	118,4	0,09813
33,2	12	169,7	08
49,0	09	253,6	03
75,0	13		

Das zweite, von Hrn. Giebe mitgeteilte Beispiel bezieht sich auf einen Luftkondensator mit regulierbarer Einstellung (etwa 0,002 Mikrofarad) zwischen $n = 80$ und $n = 1120$ Unterbrechungen pro Sek. Die letztere Zahl entspricht einer Tourenzahl von etwa 37 in der Sekunde. Die Kapazität der Schaltung betrug etwa $5 \cdot 10^{-6}$ Mikrofarad. Die im Mai 1906 angestellte Messung ergab

n	C
80	0,0020248
590	246
1120	248

also bis auf etwa $1/10000$ Konstanz der Kapazität bei wechselnder Unterbrechungszahl.

Wie erwähnt, ist der Apparat auch zu anderen Messungen benutzt worden. Hr. v. Steinwehr verwandte ihn zur Messung des Entstehens und des Endwertes der Polarisation, die bei galvanischen Elementen auftritt, wenn Strom hindurch-

[1]) Siehe bei H. Diesselhorst, *Ann. d. Physik* **19.** *S. 382. 1906.*

[2]) A. Heydweiller, *Ann. d. Physik* **15.** *S. 179. 1904.*

geleitet wird[1]). Das zu untersuchende Element bestand in diesem Fall aus einem Rayleighschen H-Gefäß mit zwei Zinkamalgampolen und darüber geschichteten Kristallen von Zinksulfathydrat, während das Gefäß im übrigen mit einer konzentrierten Lösung von Zinksulfat gefüllt war. Durch einen Heber war mit diesem Element ein ebenso zusammengesetzter, einzelner Schenkel verbunden, der aber nicht von Strom durchflossen war und daher ungeändert blieb. Mit diesem Normalpol wurde einer der polarisierten Pole des vom Strom durchflossenen Elements verglichen. Der rotierende Unterbrecher verband den zu messenden Pol abwechselnd mit der Batterie und mit einem Kompensationsapparat. Der durch das Element fließende Strom wird nicht durch die Unterbrechungszahl des Unterbrechers bedingt, sondern nur durch das Verhältnis des vom Metall eingenommenen Umfangs zum ganzen Umfang der Scheibe. Es kommt hierbei also auf die konstante Tourenzahl nicht an. Das Entstehen der Polarisation ist auf andere Weise nicht gut zu messen, da der durch das Element hindurchgehende Strom nur sehr kurze Zeit unterbrochen werden darf. Dagegen kann das Verschwinden der Polarisation leicht ohne Anwendung des Unterbrechers bestimmt werden. Es handelte sich bei diesen Messungen um die Bestätigung der theoretisch abgeleiteten Kurve für das Ansteigen der Polarisation, die nach einiger Zeit einen konstanten Wert erreicht[2]).

Über die Messungen wird Hr. v. Steinwehr selbst später berichten; für diese Veröffentlichung hat er uns gleichfalls ein Beispiel zur Verfügung gestellt. Der durch das Element fließende Strom betrug etwa 0,001 Amp. Die Tabelle zeigt die Zeit t nach dem Stromschluß in Sekunden und die am Kompensationsapparat bestimmte elektromotorische Kraft in hunderttausendstel Volt.

t Sek.	Volt	t Sek.	Volt
8,5	$30 \cdot 10^{-5}$	190	$90 \cdot 10^{-5}$
38	60 "	270	94 "
49	65 "	300	95 "
62	70 "	351	97 "
79	75 "	397	98 "
101	80 "	458	99 "
136	85 "	540	101 "

Die Kurven für die elektromotorische Kraft zeigen anfänglich einen raschen Anstieg, der allmählich abnimmt, bis die elektromotorische Kraft der Polarisation schließlich einen konstanten Wert erreicht. Der Verlauf der Polarisation läßt sich auf diese Weise mit großer Sicherheit bestimmen.

Die Ausführung des Apparates ist von Hrn. Mechaniker O. Wolff in Berlin W., Karlsbad 15, übernommen worden.

[1]) Vgl. den Tätigkeitsbericht der Reichsanstalt für 1904, *diese Zeitschr.* **25.** *S. 109. 1905.*

[2]) Vgl. W. Jaeger, *Ann. d. Physik* **14.** *S. 726. 1904.*

Ein neuer Spektrograph für sichtbares und ultraviolettes Licht.

Von
Dr. F. Löwe.
(Mitteilung aus der optischen Werkstätte von Carl Zeiß in Jena.)

Pulfrichs Autokollimations-Spektroskop[1]) ist einer Neukonstruktion (Fig. 1) unterzogen und bei dieser Gelegenheit zu einem Spektrographen für sichtbares und ultraviolettes Licht ausgebaut worden. Das Fernrohr ist horizontal gelagert worden, sodaß das Prisma eine vertikale Drehungsachse hat. Wie Fig. 2 zeigt, ist der Spalt wie bisher über der Aehse des Objektives angebracht; er wird von den beiden aus Quarz hergestellten Reflexionsprismen P_1 und P_2 zum Teile von rechts und zum Teile von links beleuchtet. Den beiden Spalthälften entsprechen in der unteren Hälfte der Brennebene die Spektren 1 und 2, die in der Figur eine einfache und eine doppelte Spektrallinie gemeinsam haben. Die drei in Fig. 3 dargestellten Signale (X | ‖) sind auf einer runden Mikrometerplatte, je um 120° versetzt, angeordnet. Diese kann man mit Hülfe eines geriffelten Ringes (R in Fig. 1) drehen und so der Reihe nach das Strichkreuz, den einfachen Strich und den Doppelstrich zur Einstellung benutzen; man sieht aber immer nur eines dieser Signale im Gesichtsfelde. Die Fassung des Objektives O wird von einem kurzen, im Fernrohr gleitenden Tubus gebildet, den man mittels des Knopfes J bis auf Anschlag einschieben und festklemmen kann. Das zweiteilige Rutherfordsche Prisma P hat zwischen $\lambda = 760$ und $\lambda = 405$ eine

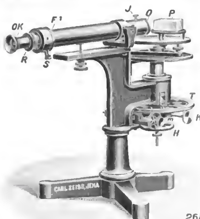


Fig. 1 (etwa 1/6 nat. Gr.). Das Autokollimations-Spektroskop nach Pulfrich.

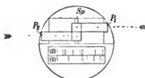


Fig. 2. Der Spalt Sp von der Okularseite gesehen.



Fig. 3. Die drei Einstellungsmarken: a) das Fadenkreuz auf den rechten Rand, b) der einfache Strich auf die Mitte der Spektrallinie eingestellt, c) der Doppelstrich die Spektrallinie einschließend.

Dispersion von $11\frac{1}{2}°$, es ist von einer bemerkenswert hohen Durchlässigkeit im Violett. Das Prisma steht auf einem besonderen Tischehen mit drei Füßen, die in drei Ausbohrungen in den massiven, mittels Stellschrauben justierbaren Teller passen. Die drei Stellschrauben stehen in den Ecken eines *rechtwinkligen* Dreieckes, zum Justieren

[1]) Vgl. C. Pulfrich, Über eine neue Spektroskop-Konstruktion. *Diese Zeitschr.* **14.** *S. 354. 1894.*

benutzt man nur die beiden Schrauben an den Enden der Hypotenuse. Der Teiler ist auf die Drehungsachse des Teilkreises *T*, von der ein kurzes Stück freiliegt, fest aufgeschraubt, sodaß das Prisma, wenn es mit seinen Füßen in den Einsenkungen des Teilers steht, eine ganz bestimmte Lage zum Teilkreise hat. Reichlich ein Viertel des Umfanges des Teilkreises ist in halbe Grade geteilt, ein Nonius dient zur Minutenablesung. Das Handrad *H* am unteren Ende der Achse gestattet, den Teiler mit dem Prisma von Hand zu drehen und so das Spektrum im Gesichtsfelde des Fernrohres rasch vorbeizuführen. Zieht man die Klemmschraube *K* an, so kann man mittels der Mikrometerschraube *m* den Prismentisch fein verstellen. Eine Umdrehung der 200-teiligen und von 0—19 bezifferten Meßtrommel entspricht einer Drehung des Prismentisches und des Teilkreises um 20′, Zehntel-Minuten werden direkt abgelesen.



Fig. 4 (etwa $^1/_6$ nat. Gr.). Der Spektrograph.

So kann man also das Spektrum in Winkelmaß auswerten. Das Prisma wird in unserem Laboratorium geprüft, und eine Dispersionskurve, die den Zusammenhang zwischen den angularen Abständen der Spektrallinien und deren Wellenlängen angibt, wird jedem Instrumente beigegeben; eine größere Genauigkeit als $\pm ^1/_2\,\mu\mu$ wird für die Dispersionskurve nicht beansprucht. Dagegen kann man in kleinen Spektralbezirken durch direkte Interpolation zwischen benachbarten Spektrallinien erheblich weiter kommen; zur Steigerung der Genauigkeit empfiehlt es sich, die gesuchte Linie an drei bekannte anzuschließen.

Es bleibt noch eine Wellenlängenteilung von 5 zu 5 $\mu\mu$ zu erwähnen, die auf dem Teilkreise angebracht ist und eine eigenartige Anordnung aufweist. Da die Dispersion des Prismas bei der Autokollimationsmethode nur mit der Hälfte ihres Betrages als Drehung des Prismas zur Geltung kommt, hätte die Orientierungsteilung für die Wellenlängen sich auf einen sehr geringen Winkelraum auf dem Teilkreis zusammengedrängt. Dies ist vermieden worden, indem wir die Teilung in Anlehnung an einen Nonius ausgeführt haben. Die Teilung besteht aus einer feststehenden inneren Skale, die mit den Wellenlängen wachsende Intervalle hat, und einer äußeren

äquidistanten, auf dem Teilkreise angebrachten, also drehbaren Skale. Beide Skalen sind nach Wellenlängen beziffert; die Ablesnng erfolgt an der äußeren Skale, und es gilt für jeden Teilstrich der äußeren Skale als Index nur der *gleichnamige Teilstrich* der inneren Skale. Der Unterschied $\delta\alpha$ der Winkelwerte zweier gleichnamigen Intervalle auf der äußeren und inneren Skale, z. B. der Wellenlängen 410 $\mu\mu$ bis 420 $\mu\mu$, ist dem Winkelwerte der Dispersion zwischen den Farben 410 und 420, wie ihn die Mikrometerschraube liefert, gleich gemacht. Es werden beim Justieren mit Na-Licht die Teilstriche 590 der äußeren nnd inneren Skale zur Deckung gebracht, dann wird der Teilkreis festgeklemmt und alsdann das Prisma auf dem Teller so gedreht, daß von den beiden getrennt erscheinenden D-Linien die weniger brechbare ($\lambda = 589{,}6\ \mu\mu$) auf den Schnittpunkt des Fadenkreuzes einsteht. In dieser Stellnng wird das Prisma auf dem Teller fixiert. Dreht man nunmehr das Prisma mit Hülfe der Mikrometerschraube, so zeigt das Zusammenfallen zweier gleichnamiger Teilstriche der beiden Skalen die Wellenlänge an, die der gerade auf dem Fadenkreuze stehenden Linie zukommt.

Um das vorbeschriebene Spektroskop zu einem Spektrographen zu gestalten, klemmt man den Träger B (Fig. 4) der Kamera fest an die Achse an, setzt die Kamera

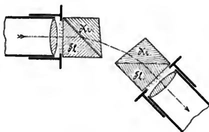


Fig. 5 a.

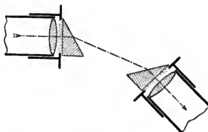


Fig. 5 b.

Die Youngsche Montierung: a) zweier halben Rutherfordschen Prismen, b) der Hälften eines Cornuschen Prismas.

in ihr Y-förmiges Zapfenlager, schiebt das Gegengewicht G auf und ersetzt das Rutherfordsche Prisma durch ein Prisma oder durch Prismen für durchfallendes Licht. Wie Fig. 5 zeigt, sind die Prismen des Spektrographen in Hülsen gefaßt, die man auf die Stutzen des Kollimatorrohres und der Kamera aufschieben kann. Die erste und die vierte Außenfläche des Prismenpaares steht senkrecht auf dem Achsenstrahl. Der große Vorteil dieser Yonngschen Montierung besteht darin, daß die jeweils in der Achse abgebildete Spektrallinie von Strahlen erzeugt ist, die das Prismensystem unter einem Minimum der Ablenkung durchsetzt haben. Man kann also durch bloßes Drehen der Kamera der Reihe nach jeden Spektralbereich unter den günstigsten Bedingungen zur Untersuchung bringen. Die Quarz-Optik besteht aus zwei Qnarz-Flnorit-Achromaten $^1/_{12}$, $f = 250$ *mm*, und den beiden Hälften eines Cornuschen Doppelprismas. Natürlich kann man auch ein Gitter oder andere Prismen anstelle der erwähnten als Dispersions-System benntzen. Die aus Leichtmetall gegossene Kamera ist an ihrer Rückfläche mit einer Schlittenführung für die Kassettenverschiebung versehen, die 10 Aufnahmen auf einer Platte ermöglicht. Die Ordnungsnummer der Aufnahmen wird von einer Skale Sk mit Index angezeigt. Die Kassette ist für Platten von 6×9 *cm* oder $6^1/_2 \times 9$ *cm* eingerichtet. Dieses große Plattenformat

wird auch die Verwendung eines Tele-Objektives als Kamera-Objektiv, wie sie von Lehmann[1]), Zenneck und Wien[2]) empfohlen ist, gestatten.

Der Übergang von der Aufnahme des sichtbaren zu der des ultravioletten Spektrums geschieht einfach durch Auswechseln der in kurze Tuben gefaßten Objektive und der auf die Objektivstutzen aufgeschobenen Halbprismen. Die Ablenkung der Quarzprismen für die mittlere Farbe ($\lambda = 275\ \mu\mu$) des ultravioletten Spektrums ist ebenso groß wie die der Rutherford-Prismen für die F-Linie des sichtbaren Spektrums. Eine neue Einstellung der Kamera ist also beim Übergang von einem Spektralgebiet zum anderen nicht notwendig.

Dem Apparat werden Quarz-Kondensoren und Küvetten beigegeben; die zweiteiligen Kondensoren sind so eingerichtet, daß sie zwischen den beiden Linsen die Küvette aufnehmen. Bei richtig gewählten Abständen zwischen Lichtquelle, Kondensor und Spalt werden die Küvetten von parallelen Büscheln senkrecht durchsetzt, d. h. es passieren alle Strahlen dieselbe Schichtdicke.

Zur Ausmessung der Spektren kann außer dem Abbeschen Komparator auch eine Teilmaschine oder das jüngst beschriebene Negativ-Meßmikroskop[3]) benutzt werden.

Apparat zum Prüfen von Anemometern.

Von
E. Becker.
(Mitteilung aus der Werkstätte von R. Fueß in Steglitz bei Berlin.)

Um die mit Anemometern verschiedener Konstruktion gewonnenen Meßresultate miteinander vergleichen zu können, ist es erforderlich, daß gewissermaßen eine Normal-Luftgeschwindigkeit hergestellt wird, deren Größe jederzeit reproduzierbar ist. Dies läßt sich nur mit Hülfe maschineller Einrichtungen erreichen, die nachstehende Anforderungen erfüllen müssen.

1. Es muß möglich sein, die hauptsächlich in Betracht kommenden Luftgeschwindigkeiten, für deren Messung Anemometer gebräuchlich sind, also von 0,10 m/Sek. bis etwa 30 m/Sek., jederzeit und auf einfachste Weise herzustellen.
2. Die jeweilig eingestellte Geschwindigkeit muß während der Messung absolut konstant sein.
3. Es ist notwendig, daß Beginn und Schluß der Vergleichsmessung von einer Normaluhr eingeleitet wird, damit jede persönliche Gleichung des Beobachters aus dem Meßresultat herausfällt.
4. Es ist eine Einrichtung erforderlich, die gestattet, ein bereits geprüftes Anemometer zur Prüfung eines anderen Anemometers zu benutzen.

Die naheliegendste Ausführungsform eines derartigen Prüfungsapparates würde die sein, eine geradlinige, möglichst lange und allseitig geschlossene Bahn zu bauen,

---

[1]) H. Lehmann, Über die Anwendung des Teleobjektivs in der Spektroskopie. *Zeitschr. f. wissensch. Photogr.* **1.** *S. 41. 1903.*

[2]) Zenneck und Wien, Spektralaufnahmen mit Teleobjektiv. Vortrag, gehalten auf der 78. Vers. Deutscher Naturforscher u. Ärzte, Stuttgart 1906.

[3]) F. Löwe, Ein Meßmikroskop für Negative. *Zeitschr. f. wissensch. Photogr.* **4.** *S. 204. 1906.*

in der auf einer kleinen Schienenanlage ein passender Wagen mit den notwendigen Zähl- und Registrier-Einrichtungen montiert wäre. Eine derartige Prüfeinrichtung hätte unbedingt den großen Vorzug, daß das Anemometer unter ähnlichen Verhältnissen, d. h. in geradliniger Bewegung, geprüft würde, wie es später beim Messen von Luftströmen, die wohl im allgemeinen als fast geradlinig anzusehen sind, benutzt wird.

Jedoch hat diese Einrichtung den großen Nachteil, daß größere Geschwindigkeiten während längerer Zeit so nicht erzielt werden können, da die Kosten einer längeren Bahn sehr hoch werden würden. Man ist deshalb von dieser Prüfungsmethode abgekommen und hat Apparate konstruiert, bei denen die Anemometer im Kreise herumgeführt werden[1]). Um die nachteilige Einwirkung der Fliehkraft möglichst gering zu machen, hat man diesen Kreisbahnen einen großen Radius gegeben, sodaß die Rotation fast keinen Einfluß mehr auf das Anemometer ausübt. Ein derartiger Prüfungsapparat (Rundlaufapparat) ist in Fig. 1 in $^1/_{30}$ nat. Gr. abgebildet.

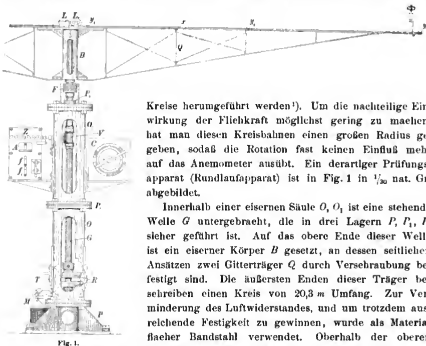


Fig. 1.

Innerhalb einer eisernen Säule O, O_1 ist eine stehende Welle G untergebracht, die in drei Lagern P, P_1, P_2 sicher geführt ist. Auf das obere Ende dieser Welle ist ein eiserner Körper B gesetzt, an dessen seitlichen Ansätzen zwei Gitterträger Q durch Verschraubung befestigt sind. Die äußersten Enden dieser Träger beschreiben einen Kreis von 20,3 *m* Umfang. Zur Verminderung des Luftwiderstandes, und um trotzdem ausreichende Festigkeit zu gewinnen, wurde als Material flacher Bandstahl verwendet. Oberhalb der oberen Gurtung der beiden Träger ist durch besondere Lager y_1, y_2, y_3 eine lange Welle x befestigt, die in ihrer Mitte, ungefähr in der Verlängerung der Welle G, zwei Anker trägt; diese können von zwei Elektromagneten L und L_1 abwechselnd so betätigt werden, daß die Welle x kleine Drehungen um ihre horizontale Achse macht. An x werden kleine Hebel r (Fig. 2) angeklemmt, die wiederum mittels eines kleinen Gestänges D mit dem Aus- bezw. Einschalter des Zählwerkes eines Anemometers in Verbindung stehen. Durch die Elektromagnete L und L_1 (Fig. 1) kann also das Zählwerk des Anemometers beliebig ein- oder ausgeschaltet werden.

Zum Antrieb der Welle G (Fig. 1) dient ein Elektromotor M von 1 P.-S. Um die hohe Tourenzahl herabzusetzen, ist zwischen Motor und Welle ein Zahnrad-

[1]) Ein derartiger Rundlaufapparat ist wohl zuerst von Woltmann, später von Combes zur Prüfung von Anemometern angegeben worden (vgl. H. Wild, Über den gegenwärtigen Zustand der Anemometrie und über Anemometer-Verifikation. *Carls Repertorium* **13.** *S. 486. 1877*). Die deutsche Seewarte ist im Besitz eines Combesschen Apparates (vgl. *diese Zeitschr.* **8.** *S. 436. 1888*). — Die Red.

vorgelege *T, R* eingeschaltet. Eine für praktische Fälle völlig ausreichende Konstanz der Umdrehungsgeschwindigkeit der Welle ist dadurch erreicht, daß der Motor als Nebenschlußmotor ausgebildet wurde; um von Spannungsschwankungen möglichst unabhängig zu sein, wird der Betriebsstrom einer Sammlerbatterie mit automatischem Spannungsregulator entnommen.

Durch einen Regulierwiderstand *C* kann die Umdrehungsgeschwindigkeit des Gitterträgers *Q* zwischen 0,10 und 30 *m*/Sek. in etwa 40 Stufen variiert werden.

Die Prüfung bezw. Vergleichung eines Anemometers geschieht nun in folgender Weise. Das zu prüfende Instrument wird auf den Gitterarm, den man treffender Laufarm nennen kann, gesetzt und sein Zählwerk mittels der oben erwähnten Klemmen und Gestänge mit der Schaltwelle *x* (Fig. 1 u. 2) verbunden. Hierauf wird die Stellung der Zeiger am Zählwerke notiert und der Motor in Gang gesetzt. Sobald man annehmen kann, daß die Umdrehungsgeschwindigkeit eine gleichmäßige ist, wird durch Stromschluß das Zählwerk ein- und nach einer gewissen Zeit ausgerückt. Der den Angaben des Anemometerzählwerkes entnommene Weg, dividiert in den wirklich von dem Anemometer auf dem Laufarm zurückgelegten Weg in Meter, gibt einen Quotienten, der unter Berücksichtigung noch einiger anderer Faktoren die Korrektion liefert, die bei späteren Messungen mit dem Anemometer in Rechnung zu setzen ist. Die Korrektionen für höhere, als mit dem Apparat erreichbare Geschwindigkeiten (bis ungefähr 50 *m*) können durch Extrapolation gefunden werden, da der Verlauf der Korrektionskurve für niedrige Geschwindigkeiten bei guten Anemometer-Konstruktionen eine bestimmte Gesetzmäßigkeit erkennen läßt.

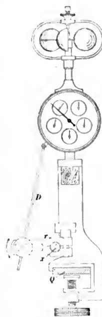


Fig. 2.

Es wurde natürlich diese etwas primitive Art der Anemometerprüfung nicht angewandt, sondern ein besonderes, mit den verschiedensten elektrischen Schaltungen versehenes Zählwerk *Z* (Fig. 1) dafür vorgesehen. Die einzelnen Funktionen des Zählwerkes sind die folgenden:

1. Die einzelnen Umdrehungen des Laufarmes werden bis auf $^1/_{100}$ Umdrehung genau gezählt.
2. Die Ein- und Ausschaltung der Zählräder und der Anemometerzählwerke wird vollkommen automatisch durch eine Normaluhr *U* (Fig. 4) bewirkt.
3. Durch besondere Schaltungshebel läßt sich erreichen, daß außer der Meßdauer von genau 1 Minute auch während längerer Zeiträume, die aber ein gerades Vielfaches von 1 Minute sind, gezählt werden kann.
4. Die Uhr kann ausgeschaltet und dafür ein bereits geprüftes Anemometer benutzt werden.

1. Der Antrieb des Zählwerkes erfolgt durch ein Kegelräderpaar *V* (Fig. 1) direkt von der stehenden Welle *G* aus; es ist noch vorgesehen, daß bei Änderung der Umdrehungsrichtung des Laufarmes das Fortschreiten der Zeiger am Zählwerk im richtigen Sinn erfolgt. In Fig. 3 ist das Innere des Zählwerkes dargestellt, die einzelnen Teile sind in dieser Abbildung mit den gleichen Buchstaben bezeichnet wie im Schaltungsschema (Fig. 4).

2. Die Einschaltung des Zählwerkes und des Anemometers erfolgt durch die Normaluhr in der Weise, daß zunächst der Uhrkontakt-Stromkreis, in dem das Relais E_3 liegt, durch Umlegen des Hebels f_1 nach rechts eingeschaltet wird. Zum Beginn einer Minute erfolgt der erste Stromstoß und durch die hierdurch bewirkte Anziehung des mit einem Arbeitsstromkontakt *k* (Fig. 3) versehenen Ankers des Magneten E_3 die Einschaltung des Elektromagneten E_2, dessen Anker *b* ein besonderes Schaltwerk *S*, *h* mittels der Sperrklinken *c* und *d* betätigt.

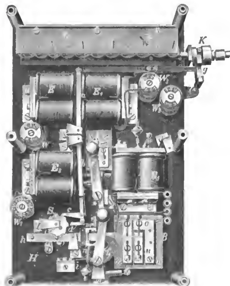


Fig. 3.

Je nach Stellung von *S* liegt der Hebel *h* entweder an den oberen *o* oder unteren Kontakten *u* des Klemmenbrettes *B* und betätigt dadurch entweder den Einschaltmagneten *L* oder den Ausschaltmagneten L_1 (Fig. 4); aber gleichzeitig treten hierbei auch die Elektromagnete *E* bezw. E_1 in Wirksamkeit, die mittels eines Gestänges *a* die Friktionskuppelung *K*, *g* (Fig. 3) des Zählwerkes *Z* mit dem oben erwähnten Kegelräderpaar *V* (Fig. 1) der Hauptwelle verbinden oder lösen. Das Schaltwerk *S* besteht aus drei auf einer Achse befestigten Stufen- bezw. Daumenrädern, durch deren Anordnung zu den Sperrklinken *c* und *d* eine zwangsläufige Bewegung des Kontaktarmes *h* bewirkt wird. An diesem Arm sind noch zwei stählerne Paletten *m* und *n* angebracht, die bei ihrer auf- und abwärts gehenden Bewegung den Hebel f_1 sprungweise nach links schieben und nach jedem zweiten Sprung ganz nach links fallen lassen so, daß der Stromkreis für E_3 bei *i* unterbrochen wird und hierdurch die Uhr außer dem Stromschluß bei Beginn und am Ende der Messung weitere Stromstöße nicht mehr geben kann. Durch diese Schaltung ist also dem Beobachter jede Möglichkeit genommen, während der Dauer der Messung störend in das Arbeiten des Apparates einzugreifen.

3. Die im vorstehenden angegebene Schaltung gestattet jedoch nur die Messung während *einer* Minute vorzunehmen. In manchen Fällen ist es erwünscht, ein zu prüfendes Anemometer längere Zeit laufen zu lassen. Es ist dann nur notwendig, bald nach der selbsttätigen Einschaltung des Apparates den Hebel *f* nach rechts zu stellen. Hierdurch wird dann der Stromkreis des Elektromagneten E_2 unterbrochen und das Schaltwerk *S* ausgeschaltet. Soll die Messung beendet werden, so stellt man *f* nach links, und beim nächsten Uhrkontakt werden alle Funktionen ausgeschaltet.

4. Ein besonderer Umschalter *A* (Fig. 1) gestattet noch, die Uhr auszuschalten und dafür ein auf den Laufarm gesetztes und mit besonderem Kontakt versehenes Kontrollanemometer zur Auslösung der unter 2. und 3. beschriebenen Funktionen zu verwenden. Der Anschluß des geprüften Anemometers an den bisher von der Uhr betätigten Stromkreis erfolgt durch die Klemmen *J* (Fig. 4). Natürlich wird dann

nur die Vergleichung zweier Wegstrecken vorgenommen. Die Stromzuführung zum Laufarm erfolgt durch die Schleifringe F (Fig. 1 u. 4).

Bekanntlich wird durch die Rundlaufbewegung der Laufarme der umgebenden Luft allmählich eine rotierende Bewegung erteilt, wodurch die Angaben der zu prüfenden Anemometer beeinflußt werden. Diese Erscheinung, die man mit dem Namen „Mitwind" bezeichnet, muß beim Endresultat berücksichtigt werden, und zwar in der Weise, daß man durch eins oder mehrere in der Nähe des Laufarmes an der Decke des Versuchsraumes aufgehängte besondere Anemometer den Mitwind mißt. Durch besondere Schalter s_1 s_2 (Fig. 4) können diese vom Beobachter beim Beginn der Messung eingeschaltet werden.

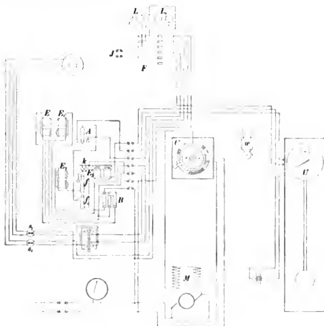


Fig. 4.

Um ein Verbrennen der Kontakte, besonders im Zählwerkskasten, zu verhindern, sind bei sämtlichen Elektromagneten bifilar gewickelte Nebenschlüsse W, W_1, W_2, W_3 (Fig. 3) vorgesehen. Ein besonderer Wecker w (Fig. 4) gibt beim Beginn jeder Minute ein lautes Signal, sodaß der Beobachter leicht die einzelnen Minuten abhören kann.

Die anfangs gehegten Befürchtungen, daß der Apparat bei den höchsten Umdrehungsgeschwindigkeiten stark vibrieren würde, sind nicht eingetroffen. Da alle rotierenden Teile ausbalanciert sind, ist selbst bei Dauerversuchen der Gang vollkommen ruhig. Dies ist um so mehr hervorzuheben, als die Endpunkte der Laufarme, wie erwähnt, im Höchstfall Geschwindigkeiten von etwa 30 m/Sek. haben.

Der Apparat wurde auf Bestellung der Bergschule in Bochum gebaut und ist seit 1903 im Betrieb.

Referate.

Über die Lippmannsche Vorrichtung zur Bestimmung der Rektaszensionen der Sterne.

Von W. Ebert und C. Le Morvan. *Compt. rend.* ***143.*** *S. 158. 1906.*

In *dieser Zeitschr.* ***25.*** *S. 344. 1905* ist von den Bemühungen der Hrn. Mascart und Ebert an der Pariser Sternwarte die Rede, den Lippmannschen Vorschlag zur photographischen Bestimmung der Rektaszensionen der Sterne praktisch auszuführen. Es handelt sich bei diesem Vorschlag darum, gleichzeitig mit einem Stern, der während seines Meridiandurchganges etwa 15 Minuten lang exponiert wird, auch die Lage des Meridians in regelmäßigen Intervallen, etwa von 10 zu 10 Sekunden, auf der Platte des der Bewegung des Himmels nachgeführten photographischen Fernrohres zu fixieren. Zu diesem Zweck befindet sich vor dem Fernrohr in der Meridianebene ein Kollimator, der in seiner Fokalebene mit einem alle 10 Sekunden aufleuchtenden Spalt versehen ist. Die von diesem Spalt ausgehenden Strahlen fallen auf eine quer davor gestellte Zylinderlinse und werden von dieser, in eine Ebene ausgebreitet, in das Fernrohr reflektiert, wo sie auf der Platte eine feine, die jeweilige Lage des Meridians darstellende gerade Linie erzeugen.

Von den Hrn. Ebert und Le Morvan ist nun in letzter Zeit die Einrichtung wieder etwas verbessert worden, indem der Spalt des Kollimators durch eine mit Diamant in den Silberbelag einer Glasplatte eingeritzte feine Linie ersetzt wurde. Wichtiger aber noch ist die bereits in dem Referat des vorigen Jahrgangs als wünschenswert bezeichnete und jetzt von den Verf. ausgeführte Kontrolle betreffs der vertikalen Lage der die Meridianmarke enthaltenden Ebene. Während nämlich ein Teil der vom Kollimatorspalt ausgehenden Strahlen von dem Zylinderspiegel, wie oben erwähnt, direkt in das Fernrohr reflektiert wird, wird ein anderer Teil nach seiner Reflexion am Zylinderspiegel erst noch einmal an einem unter diesem angebrachten Quecksilberspiegel reflektiert, sodaß zwei dem Meridian entsprechende Striche auf die Platte kommen, welche nur dann zusammenfallen, wenn jene Reflexionsebene genau vertikal ist, andernfalls aber einen Winkel miteinander einschließen, aus dessen Größe sich der Betrag der an den Messungen anzubringenden Korrektion ableiten läßt.

Die Verf. glauben, daß die Lippmannsche Methode der Rektaszensionsbestimmungen, namentlich bei den mit einem merklichen Durchmesser versehenen Himmelskörpern, also den großen Planeten und dem Monde, mit Erfolg angewandt werden könne. *Kn.*

Methode der gleichen Höhen in der direkten geographischen Ortsbestimmung. Instrument für gleiche Höhen oder Prismenastrolabium.

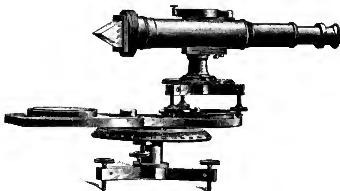
Von A. Claude und L. Driencourt. *Rev. génér. des Sciences* ***16.*** *S. 972 u. 1071. 1905.*

Über das Prismenastrolabium von Claude und seine Leistungen ist in dieser Zeitschrift mehrfach berichtet worden (***23.*** *S. 305. 1903;* ***25.*** *S. 283. 1905* — an beiden Orten ist auch bereits auf andere Instrumente für denselben Zweck hingewiesen, insbesondere das Nadir-Instrument von Beck-Breithaupt in mehreren Formen und die Instrumente von Nušl-Frič —; endlich ***25.*** *S. 383. 1905*).

Im ersten der im Titel angeführten Aufsätze besprechen die Verf. zunächst die Genauigkeit der seither meist üblichen Bestimmungsmethoden für Zeit und Breite aus Meridianbeobachtungen, die wegen der Fehler der Instrumente, der persönlichen Fehler des Beobachters, endlich infolge der Refraktionsanomalien beträchtlichen Ungenauigkeiten ausgesetzt seien; besonders die Libelle kommt bei den Verf. schlecht weg („gibt es ein launenhafteres Instrument als die Libelle? Sie zeigt häufig Neigungsveränderungen viel größer an, als den wirklichen Änderungen entspricht, während dann wieder willkürlich herbeigeführte

Neigungsänderungen die Libelle ganz unbeeinflußt lassen" . . .; „man muß bei genauen Beobachtungen die Libelle so viel als möglich ausschließen; ihr Gebrauch beim Durchgangsinstrument, an Stelle der freilich schwierig auszuführenden Nadireinstellungen, ist ein Grund der Minderwertigkeit jenes Instruments"). Ferner werden die Bestimmung eines Punkts durch Koordinaten auf einer unbeweglichen Kugel und auf der Himmelskugel behandelt, dann die Vereinfachung der astronomischen Beobachtungen durch die Methode der gleichen Höhen, bei der der absolute Betrag der Refraktion nicht in Betracht kommt (übrigens nur, wenn er während der Beobachtungszeit konstant bleibt), der letzte Abschnitt endlich bespricht die Genauigkeit der *Höhengeraden*. Als Vorteil der Methode der gleichen Höhen betrachten die Verf. besonders, daß sie *Positionen* und nicht einzelne Koordinaten liefere, daß sie wirkliche Messungen, nicht Teile von Messungen verwendet, daß die beobachteten Größen stets gleichartig sind (nämlich immer in der Auffassung eines Zeitpunkts bestehen, während sonst bald die Uhrangabe beobachtet, bald ein Kreis abgelesen werden muß) und rascher und bequemer als Kreisablesungen sich ergeben.

Das *Instrument* zur Benutzung dieser Methode in der *„astronomie de position"* nun, das *Prismenastrolabium*, wird im zweiten Aufsatz behandelt, nachdem einiges über die Gaußsche



Methode der gleichen Höhen und den Gebrauch des Sextanten und des Theodolits oder Höhenkreises dabei vorausgeschickt ist. Jenes, zuerst von Vlou nach dem Entwurf von Claude hergestellte Instrument sucht die Vorzüge von Sextant und Theodolit zu vereinigen. Es ist oben (in seinem größeren Modell) abgebildet[1]); die wesentlichen Teile sind: horizontales Fernrohr mit vorgesetztem Prisma (gleichseitig, 55 *mm* Seitenlänge des Querschnitts; Fernrohr 42 *mm* Öffnung und etwa 40 *cm* Brennweite, ohne Fadenkreuz; Vergrößerung 65, Gesichtsfeld 28'). Auf dem Fernrohr sind eine kleine Bussole und eine Dosenlibelle befestigt. Unten befindet sich ein kleiner Horizontalkreis mit Index; das Ganze, um eine Vertikalachse drehbar, sitzt mit drei Stellschrauben auf einer horizontalen Platte, die wieder um eine Vertikalachse in einem mit geteiltem Horizontalkreis und drei Stellschrauben versehenen Unterbau drehbar ist. Die Mitte der Platte trägt abermals ein kleines Dosenniveau und vorn, als letzten Hauptteil des Instruments, den runden Quecksilberhorizont.

Die Aufstellung des Instruments und die Vorbereitungen der Messung werden ausführlich behandelt, ebenso die Genauigkeit der Beobachtungen und der Ergebnisse. Neuerdings wird das Instrument von Jobin ausgeführt in zwei Modellen (das kleinere hat nur 20- bis 30-fach vergrößerndes Fernrohr und auch sonst entsprechend kleinere Abmessungen).

---

[1]) Die Abbildung stellt nicht mehr genau die jetzige Ausführung des Instruments dar; demnächst wird über die neuere Form hier berichtet werden.

Die Genauigkeit der Messungen mit dem Instrument großen („geodätischen") Modells erklären die Verf. der „aller Meridianinstrumente überlegen", wozu bei diesen noch die Notwendigkeit fester Aufstellung, „ein ganzer Apparat von Pfeilern und Hütten" komme, während das Prismonastrolabium überall in wenigen Minuten gebrauchsbereit stehen kann, und der an ihm sitzende Beobachter nichts als seine Uhr abzulesen braucht; „es ist das künftig sowohl für die Bestimmung der Sternörter wie für die Bestimmung von Polhöhe und Zeit des Beobachtungsorts bei allen geodätischen Messungen unentbehrliche Instrument".

Hammer.

Über Fadentachymeter mit Tangentenschraube.

Von A. Klingatsch. *Zeitschr. f. Vermess.* **34.** *S. 337 u. 353. 1905.*

Der Verf. gibt hier die theoretischen Grundlagen für das von R. & A. Rost in Wien nach seinen Angaben gebaute Instrument, über das er bereits in *dieser Zeitschr.* **25.** *S. 305. 1905* berichtet hat.

Die Hogrowsche Distanzmessung mit konstantem Lattenabschnitt und veränderlichem entfernungsmessendem Winkel ist von Lerber u. A. in der Art abgeändert worden, daß der mikrometrische Winkel konstant (einer bestimmten Zahl von Umgängen der Hebeschraube entsprechend) gehalten und damit also der Lattenabschnitt veränderlich gemacht wird. Man hat für dieses Verfahren in Amerika schon seit längerer Zeit die Anordnung gebraucht, den Höhenwinkel am Vertikalkreis abzulesen und nur den konstanten diastimometrischen Winkel durch die Tangentenschraube herzustellen. Dieses Verfahren bezeichnet Klingatsch als *Schraubentachymetrie*, der die gewöhnliche Fadentachymetrie gegenübersteht. Die Fadentachymetrie ist nun für die Kleinmessung jedenfalls vorzuziehen; dagegen bietet allerdings die Ausstattung des Fadentachymeters mit einer Tangentenschraube gewisse Vorteile, die nun eben Klingatsch auszunutzen sucht, indem sie zur scharfen Herstellung des konstanten entfernungsmessenden Winkels gebraucht wird. Besonders bei der tachymetrischen Messung von Polygonzügen hat der Verf. das Verfahren bewährt gefunden; es sei für alles Weitere auf den im Eingang genannten Aufsatz verwiesen.

Hammer.

Diagramm- und Flächenmesser.
Vollständiger Ersatz für das Planimeter zum schnellen und genauen Ausrechnen beliebig begrenzter Flächen, Dampfdiagramme u. s. w.

Von Wilda. In Umschlag, mit Gebrauchsanweisung. Hannover, Gebr. Jänecke 1905. 2 M.

Wohl keines der Prinzipien graphischer, graphisch-mechanischer oder mechanischer Bestimmung des Inhalts beliebig begrenzter ebener Flächen hat so viele Ausführungen aufzuweisen, wie das auch für den vorliegenden Apparat benutzte: die zu ermittelnde Fläche wird durch ein System von parallelen Geraden in konstantem runden Abstand voneinander in Trapezstreifen zerlegt; die Summe der Längen der Mittellinien dieser Trapeze multipliziert mit dem konstanten Abstand der Parallelen gibt die Fläche. Der Unterschied zwischen den einzelnen Apparaten und Verfahren liegt nur in der Art, in der jene Mittellinien addiert werden.

Die Flächenberechnungstafel des Verf. ist ein System von 19 auf einer Gelatineplatte stark gezogenen Parallelen, „Vertikalen", mit 1 bis 19 bezeichnet und mit dem Abstand von je $\frac{1}{2}$ *cm* unter sich, wobei die Mittellinien der so gebildeten Halbzentimeterstreifen in feinen Linien gezogen sind; senkrecht dazu ist ein System von „Horizontalen", 2 *mm*-Linien gezogen, jede *cm*-Linie stark und diese *cm*-Linien sind mit 0; 0,5; 1; 1,5; 2; ... beziffert bis 7. Nachdem der Flächenmesser so über die zu bestimmende Fläche gedeckt ist, daß die Begrenzungslinie dieser Fläche zwei beliebige der dünn gezogenen Vertikalen berührt, wird an die linke Kante der Tafel ein Lineal *L* oder ein Zeichendreieck angeschlagen und die Tafel so weit verschoben, bis der Anfangspunkt 0 der Vertikalen 1 auf den Kontur der Fläche fällt; um die Zwischenablesungen zu vermeiden, wird nun auf der Vertikalen 2 dieselbe Zahl mit Zirkel

oder Nadel aufgesteckt, die am obern Schnittpunkt der Vertikalen 1 mit dem Kontur der Fläche steht. Sodann wird die Tafel an *L* wieder so weit heruntergeschoben, bis die Zirkel- oder Nadelspitze wieder auf die untere Begrenzung der Fläche fällt; der der obern Begrenzung entsprechende Punkt von 2 wird auf die Vertikale 3 mit der Nadel übertragen, und so wird fortgefahren, soweit die Ausdehnung der Tafel es zuläßt. Es ist also fast genau dasselbe Verfahren wie das z. B. in Württemberg sehr allgemein üblich gewordene, vom Ref. seit fast 30 Jahren benutzte, die Fläche von Querprofilen, die auf *mm*-Papier (mit starken *cm*-Linien) im Maßstab 1 : 100 gezeichnet sind, dadurch zu messen, daß die Mittellinien der *cm*-Streifen des Papiers mechanisch mit dem Zirkel addiert werden. Die Schlußablesung der Zirkelöffnung in *cm* gibt die Fläche in *qm*. Aber das Wildasche Verfahren der Addition der Mittelordinaten ist bei weitem nicht so bequem, rasch und übersichtlich wie die Zirkeladdition. Auch das richtige Anlegen des Diagramms an den Flächenkontur kann etwas aufhalten. Wer mit Zahlen sicher umzugehen weiß, wird jedenfalls mindestens eben so rasch zum Ziel kommen, wenn er doch die *Ablesungen* an jedem einzelnen Schnittpunkt der starken Halbzentimeter-Linien mit dem Umfang der Fläche macht. Die Ablesungen an den Punkten des obern Teils des Konturs seien $o_1, o_2, \ldots o_n$, die am untern Teil $u_1, u_2, \ldots u_n$, dann ist die Fläche einfach

$$F = \Sigma_o - \Sigma_u .$$

Z. B. wären in der obersten Lage der Figur in der Wildaschen Abbildung 1 die *o* und *u* der Reihe nach, je auf $^1/_{20}$ abgerundet, sodaß die Schätzung nicht aufhält, die an sich bis auf 0,01 möglich wäre, die nachstehenden Zahlen

o	*u*
6,7	5,65
6,95	5,5
7,0	5,45
6,95	5,5
6,5	5 4
6,25	5,35
6.25	5,2
6,35	5,1
6,3	4,9
5,9	4,75
5,35	4,65
5,1	4,7
75,6	62,15

somit

$$F = 75{,}6 - 62{,}15 = 13{,}4\ cm^2 ,$$

und diese Zahl wird kaum ungenauer sein als die Zahl 13,3 des Originals (die kleine Restfläche rechts ist nach Schätzung nur etwa 10 mm^2 groß; in der Gebrauchsanweisung (*Z. 7 v. u.*) soll, nebenbei bemerkt, Hundertstel statt Tausendstel stehen).

Eine ganz ähnliche Vorrichtung zur Flächenmessung, bei Ablesen der Zahlen, wie es eben geschehen ist. hat der Ref. erst kürzlich in einer englischen Zeitschrift gesehen: die Zerlegungsstrahlen gehen dabei nicht parallel, sondern von einem Punkt aus und damit werden die Skalen auf den einzelnen Strahlen nicht wie bei Wilda gleichförmig, sondern ungleichförmig, was aber die Ablesung nicht erschwert und wohl auch nicht merklich ungenauer macht. Der Vorteil, der bei dieser Art der Strahlenanordnung erreicht wird, ist der, daß das *Einpassen* der zu bestimmenden Figur in das Diagramm häufig erleichtert wird.

Hammer.

Einfluß der Brechung und Reflexion der Lichtstrahlen auf die Ablesungen an der Distanzlatte.

Von G. de Sandre. *Rivista di Topogr. e Catasto* ***17.*** *S. 1, 17. 1904/05.*

Der Verf. macht zunächst an zwei Zahlenbeispielen auf den in den letzten Jahren mehrfach erörterten Fehler aufmerksam, der bei der optischen Distanzmessung fast regelmäßig entsteht, wenn die untere Zielung dem Boden an einer zwischen Instrumentenstandpunkt und Lattenstandpunkt liegenden Stelle sehr nahe kommt; durch an jener Zwischenstelle *abgesetzte* Messung läßt sich der Fehler in der Entfernung fast ganz vernichten, es fragt sich aber, wie sind bei der doppelten Messung der Entfernnng (z. B. Polygonzugseite aus jedem Endpnnkt) die zwei um d voneinander abweichenden Ergebnisse zu vereinigen? Der durch die Differentialrefraktion entstehende Fehler wird zunächst theoretisch nntersucht; es gelingt jedoch nur unter bestimmten Voraussetzungen, Regeln für die Verteilung von $d = D' - D''$ (D' und D'' sind die von beiden Endpunkten aus erhaltenen Werte der Entfernnng) abzuleiten; in andern Fällen können D' und D'' übereinstimmen, während beide weit vom wahren Wert von D entfernt sind. *Hammer.*

Über eine Abänderung des Zöllnerschen Horizontalpendels.

Von Fürst B. Galitzin. gr. 8°. 25 S. m. 2 Taf. St. Petersburg, Kaiserl. Akademie d. Wissenschaften 1906.

Bei den hauptsächlich für die Beobachtung von Erdbeben bestimmten Horizontalpendeln (vgl. *diese Zeitschr.* ***16.*** *S. 2. 1896*) sind drei verschiedene Aufhängungen gebräuchlich; entweder ist das Pendel angehängt auf zwei äußerst feinen Spitzen — Konstruktion nach v. Reheur-Paschwitz — oder es stützt sich auf eine Spitze und wird von einem feinen Drahte getragen — nach Gray — oder schließlich es hängt an zwei feinen Drähten wie bei den Instrumenten von Hengler und Zöllner.

Die reibungsfreieste Aufhängung ist die letztere. Wählt man entsprechend feine Drähte so hängt das Pendel ganz frei, der Reibnngswiderstand bei der Bewegung ist verschwindend, und seine Empfindlichkeit bleibt daher stets dieselbe.

Bei den beiden anderen Konstruktionen ist dies nicht der Fall, denn infolge der Abstumpfung der Spitzen, die bei einem größeren Gewicht des Pendels nicht zu vermeiden ist, wird die Empfindlichkeit des Instrumentes stark geändert.

Bei einer reinen Drahtaufhängung treten dafür aber andere Fehlerquellen auf, von denen die Spitzenaufhängung frei ist. So zeigen sich unter der Einwirkung von Bodenbewegungen Längsschwingungen des Pendels in der Richtung des Pendelarms, die das eigentliche Bild der Bodenbewegnngen stark stören.

Fürst Galitzin hat nun den Versuch gemacht, diese Längsschwingungen zu beseitigen, indem er in dem Schnittpunkte der Drehungsachse eines Zöllnerschen Horizontalpendels mit dem Drehungsarm senkrecht zu diesem eine kleine Platte anbrachte, gegen die eine unabhängig von dem beweglichen Teil des Apparates befestigte, mikrometrisch verstellbare Spitze drückte. Das Pendel erhält hierdurch einen festen Halt, sodaß Längsschwingungen ausgeschlossen sind.

Wie vorauszusehen ist, und wie auch die theoretischen Überlegungen ergeben, ist der znr Beseitigung der Längsschwingungen erforderliche Druck der Spitze gegen die Platte sehr gering. Allerdings ist, wie der Verf. bemerkt, das so abgeänderte Horizontalpendel, rein mechanisch betrachtet, ein sehr unvollkommenes Instrument; es dreht sich nämlich das bewegliche System um drei Punkte, was nur infolge der Elastizität der Drähte möglich ist.

Eine eingehende Untersuchnng des Instrumentes auf der bereits früher besprochenen Untersuchungsplattform (*diese Zeitschr.* ***24.*** *S. 300. 1904*) ergab aber gute Resultate.

Das Pendel war bei diesen Versuchen elektromagnetisch stark gedämpft, und seine Bewegnng wurde dnrch elektromagnetische Registrierung mit Hülfe eines aperiodischen Galvanometers stark vergrößert. Es stellte sich heraus, daß die Empfindlichkeit des Horizontal-

pendels bei Anwendung einer Spitze fast gar keine Einbuße erleidet, und daß somit die vorgeschlagene Abänderung des Zöllnerschen Instrumentes als eine zweckmäßige zu bezeichnen ist.

Zwei der Abhandlung beigegebene Seismogramme, eines aufgenommen mit einem gestützten, das andere mit einem freischwingenden Pendel, bringen den Vorteil der Anwendung einer Spitze klar zum Ausdruck. *Hck.*

Ein neues Vakuummeter.

Von W. Voege. *Physik. Zeitschr.* **7.** *S. 498. 1906.*

Der Verf. hat vor kurzem ein kompendiöses Hitzdraht-Instrument zum Messen von Stromstärken beschrieben (vgl. das Referat in *dieser Zeitschr.* **26.** *S. 292. 1906*), bei welchem die durch den Meßstrom bewirkte Temperaturerhöhung des Hitzdrahts durch ein Thermoelement aus Konstantan-Eisen gemessen wurde. Durch Versuche verschiedener Beobachter, besonders von Lebedew (vgl. das Referat in *dieser Zeitschr.* **23.** *S. 24. 1903*) ist bekannt, daß die Empfindlichkeit des Thermoelements durch Druckminderung sich erhöht. Wird daher Hitzdraht und Thermoelement in eine Glasbirne geschlossen, welche an eine Pumpe angeschmolzen werden kann, so ist bei *konstantem*, den Hitzdraht durchfließendem Strom die elektromotorische Kraft des Thermoelements ein Maß für die Größe der Luftverdünnung. Vergleichende Versuche mit einem McLeodschen Quecksilber-Vakuummeter zeigten, daß bei 0,085 Amp. Heizstrom die Thermokraft sich innerhalb der Grenzen von 1 *mm* bis 0,3 *mm* dem Druck ziemlich proportional ändert, und zwar von etwa 1 bis 5 Millivolt; bei niederen Drucken steigt die elektromotorische Kraft stärker, als der Druck abnimmt.

Spuren von Feuchtigkeit sollen sorgfältigst vermieden werden, da sie die Empfindlichkeit stark beeinflussen. *Rt.*

Über die Messung sehr tiefer Temperaturen.

VI. Verbesserung des geschützten Thermoelements; Batterie von Normalthermoelementen und ihre Anwendung zur thermoelektrischen Temperaturmessung.

Von H. Kamerlingh Onnes und C. A. Crommelin. *Communic. Phys. Labor. Univers. Leiden Nr. 89. 1903.*

In einer früheren Arbeit (*Communic. Nr. 27;* vgl. das Referat in *dieser Zeitschr.* **19.** *S. 122. 1899*) wurde über die Einrichtung berichtet, die bei der Messung mit Thermoelementen, besonders für tiefe Temperaturen, in Anwendung kam. Die seitdem getroffenen Verbesserungen sind in der vorliegenden Arbeit zusammengefaßt.

Das zur Messung verwendete Element aus Eisen-Konstantan wurde durch ein beiderseits offenes Glasrohr gezogen, sodaß die Lötstelle, die in einem kleinen Kupferblock steckte, sich an einem Ende des Glasrohrs befand. Über das Ganze wurde ein zweites offenes Glasrohr geschoben, das am unteren Ende durch den Kupferblock abgeschlossen wurde. Das Glasrohr wurde an dieser Stelle platiniert, galvanisch verkupfert und verzinnt und mit dem Kupferblock verlötet. Schließlich wurde der Kupferblock gemeinsam mit dem unteren Ende des Glasrohrs noch platiniert und vergoldet. Dadurch ist bewirkt, daß die Lötstelle in gut leitender Verbindung mit dem Raum steht, dessen Temperatur gemessen werden soll, und ferner ist die Gefahr vermieden, daß Feuchtigkeit an das Thermoelement gelangt, oder durch chemische Vorgänge hervorgerufene, störende elektromotorische Kräfte auftreten.

Der gegen scharfes Biegen thermoelektrisch sehr empfindliche Konstantandraht wurde dadurch geschützt, daß er durch einen Gummischlauch gezogen wurde.

Die elektromotorische Kraft des Thermoelements wird in der Kompensationsschaltung verglichen mit der elektromotorischen Kraft dreier anderer Thermoelemente, deren Lötstellen sich auf 100° bezw. 0° befinden. Zwei dieser Vergleichselemente bestehen aus Eisen-Konstantan, das dritte aus Neusilber-Kupfer. Die Thermokräfte dieser beiden Kombinationen verhalten sich nahe wie 3:1. Durch einen besonders konstruierten Umschalter kann man diese

Elemente so hinter- und gegeneinander schalten, daß elektromotorische Kräfte resultieren, die sich wie die Zahlen 1 bis 7 verhalten, sodaß die Vergleichsthermokraft der zu messenden Thermokraft stets nahe gleich gemacht werden kann. Durch ein Normalelement kann die Thermokraft der Vergleichselemente von Zeit zu Zeit geprüft werden. *Henning.*

Über eine neue Methode zur Erzeugung von Schwingungsfiguren und absoluten Bestimmung der Schwingungszahlen.

Von S. Mikola. *Ann. d. Physik* **20.** *S. 619. 1906.*

Infolge der Nachwirkung des Lichteindruckes im Auge erscheint eine beleuchtete, schnell rotierende Zylinderfläche mit abwechselnd schwarzen und weißen Streifen als eine ununterbrochene weiße Fläche, die in der vorliegenden Arbeit als Projektionsschirm verwendet wird. Projiziert man hierauf eine zu den Streifen senkrecht gelegene, in Ruhe befindliche Saite, so hat man den Eindruck einer zusammenhängenden Linie. Schwingt die Saite, und rotiert der Zylinder so schnell, daß immer gerade in Momenten gleicher Phase der Schwingung ein weißer Streifen an dieselbe Stelle des scheinbaren Projektionsschirmes gelangt, daß also das Produkt N aus Umdrehungszahl f in die Anzahl der Streifen a gleich ist der Schwingungszahl n der Saite oder einem ganzen Vielfachen $(2n, 3n, \dots in)$, so zeigt der Projektionsschirm eine bezw. mehrere $(2, 3, \dots i)$ vollkommen ruhende Wellenlinien. Ist die Bedingung für die Rotationsgeschwindigkeit nicht genau erfüllt, so bewegen sich diese Wellenlinien nach der einen oder anderen Seite.

Kann man nun den Motor, der die Zylinderfläche treibt, so einregulieren, daß die Wellenfigur vollkommen in Ruhe bleibt, so ergibt sich die Schwingungszahl n der Saite aus

$$n = \frac{f \cdot a}{i},$$

wo i die Anzahl der auf dem Projektionsschirm erkennbaren einzelnen Wellenlinien bedeutet. Diese Methode verspricht als Nullmethode gute Resultate zu liefern, sobald man die Tourenzahl des Motors kontinuierlich verändern und gut konstant halten kann.

Zur Bestimmung der Schwingungszahlen von Stimmgabeln, Glocken oder Platten klebt man ein kleines Holzstäbchen an den Schwingungsbauch und projiziert dessen Bild auf das rotierende Streifensystem.

Mit Vorteil kann man sich dieser Methode zur Analyse von Schwingungen und zur Projektion von Schwingungsfiguren überhaupt bedienen. *S. V.*

Einige Messungen von Wellenlängen nach einer abgeänderten Methode.

Von Lord Rayleigh. *Phil. Mag.* **11.** *S. 685. 1906.*

In dieser Arbeit werden einige der von Fabry und Perot bestimmten Wellenlängen nachgemessen unter Benutzung der Fabry-Perotschen Methode, die aber in einigen Punkten abgeändert wird. Wie von Fabry und Perot, so wird auch von Lord Rayleigh der von Michelson für die rote Cd-Linie gefundene Wert 643,84722 $\mu\mu$ (in Luft von 15° C. und 760 *mm* Druck) zugrunde gelegt, „weil diese Wellenlänge nach allgemeiner Übereinstimmung das letzte Standard ist“. Die von Fabry und Perot mit versilberten Luftplatten ausgeführten Wellenlängen-Messungen sind deshalb zuverlässiger als die an Gittern erhaltenen Resultate, weil die Luftplatten wegen ihrer Einfachheit genauer als die Gitter konstruiert werden können, zumal man bei der Luftplatte nur ein Stück von etwa 9 *mm* Durchmesser zu benutzen braucht. Ist daher auch von vornherein anzunehmen, daß die Fabry-Perotschen Werte nicht mit merklichen systematischen Fehlern behaftet sein werden, „so sind die Werte doch erst dann, wie auch sonst fast allgemein üblich, als völlig sicher zu betrachten, wenn sie noch mit neuen Apparaten von einem anderen Forscher bestätigt worden sind“. Der Umstand, daß sich dieser Arbeit der berühmte Verf. unterzieht, beweist am besten, von welcher außerordentlichen Wichtigkeit solche Nachmessungen für die exakte Physik sind.

Während **Fabry** und **Perot** sowohl das Interferometer mit veränderlicher Plattendicke als auch Etalons von konstanter Dicke benutzen (vgl. das Referat in *dieser Zeitschr.* **21.** *S. 237. 1901*), macht sich der Verf. von dem kostspieligen Interferometer frei und verwendet nur zwei Etalons von etwa 5 und 1 *mm* Dicke. Der 5 *mm*-Etalon werde mit Licht von der Wellenlänge λ beleuchtet. Der innerste der **Haidinger**schen Interferenzringe besitze die Ordnungszahl P, also eine ganze Zahl, und den in Bogenmaß ausgedrückten Durchmesser x. Dann ist die Ordnungszahl für das Zentrum der Ringe gleich $P\left(1+\frac{x^2}{8}\right)$. Werden für eine andere Wellenlänge die entsprechenden Größen mit einem Index versehen, so folgt

$$\frac{P_1}{P} = \frac{\lambda}{\lambda_1}\left(1+\frac{x^2}{8}-\frac{x_1^2}{8}\right) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 1)$$

P_1 ist auch wieder eine ganze Zahl. Wirklich gemessen werden in jedem Falle nur die Winkel x und x_1.

Zunächst ist P für Cd 643,8 zu bestimmen. Beobachtet man die beiden gelben Hg-Linien 579,1 und 577,0, für welche nach **Fabry** und **Perot** $\lambda/\lambda_1 = 1{,}003650$ ist, so ergibt sich $P_1/P = 1{,}003641$. Setzt man nun der mechanisch gemessenen Plattendicke von 4,766 *mm* gemäß $P = 16460$, so folgt $P_1 = 16519{,}92$, was nicht genügend gleich einer ganzen Zahl ist. $P = 16482$ gibt dagegen $P_1 = 16542{,}00$, woraus sich für die gleichzeitig beobachtete Cd-Linie 643,8 der Wert $P = 14824 \pm 30$ berechnet.

Um diesen Wert genauer zu bestimmen, werden noch die grüne Cd-Linie 508,6, die blaue Cd-Linie 480,0 und die grüne Hg-Linie 546,1 beobachtet. Unter den möglichen Werten von P liefert dann nur $P = 14814$ für die einzelnen P_1 genügend ganze Zahlen, nämlich

λ_1	Cd 643,8	Cd 508,6	Cd 480,0	Hg 546,1	Hg 577,0
P_1	14814	18753,95	19870,95	17465,97	16531,00

Die noch vorhandenen Abweichungen von den ganzen Zahlen werden dadurch bedingt, daß die optische Plattendicke nicht für alle Wellenlängen völlig die gleiche ist, weil die mit der Reflexion an den Silberschichten verbundene Phasenänderung von der Wellenlänge abhängt. Ist daher e die optische Dicke für λ und e_1 diejenige für λ_1, so muß Gl. 1) durch die genauere Gleichung

$$\frac{P_1}{P} = \frac{\lambda e_1}{\lambda_1 e}\left(1+\frac{x^2}{8}-\frac{x_1^2}{8}\right) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 2)$$

ersetzt werden. Diese Änderung von e mit der Wellenlänge haben natürlich **Fabry** und **Perot** bei ihren Messungen genau untersucht. Allerdings sind die von diesen Beobachtern gefundenen Phasenänderungen geringer als die vom Verf. erhaltenen, was darin seinen Grund hat, daß die auftretenden Phasenänderungen auch von der Beschaffenheit der Silberschichten abhängen.

Um die Änderung der Dicke mit der Wellenlänge zu eliminieren, muß man dieselben versilberten Platten in zwei verschiedenen Abständen benutzen. Für die Wellenlänge λ und die Dicke e sei die Ordnungszahl im Zentrum der Ringe gleich p, also

$$p = P\left(1+\frac{x^2}{8}\right) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 3)$$

für λ_1 und e_1 gleich p_1, für λ und eine andere Dicke η gleich π, für λ_1 und η_1 gleich π_1. Dann ist offenbar

$$e_1 - e = \eta_1 - \eta \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 4)$$

und demgemäß

$$\frac{\lambda}{\lambda_1} = \frac{p_1-\pi_1}{p-\pi} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 5)$$

Bei der Berechnung der Größen p, p_1, π und π_1 nach Gl. 3) sind nunmehr für P, P_1 u. s. f. die wirklich ganzen Zahlen zu nehmen.

Man kann indessen auch in folgender Weise verfahren, wie es der Verf. tut. Werden die Beobachtungen für die Dicke η wieder nach Gl. 1) berechnet, so müssen der Gl. 4) gemäß die Abweichungen der P_1 von ganzen Zahlen ebenso groß sein wie für die Dicke e. So wurden mit dem 1 *mm*-Etalon die folgenden Resultate erhalten:

λ_1	Cd 643,8	Cd 508,6	Cd 480,0
P_1	3328	4213,95	4464,94

Da hierbei mit den von Michelson gefundenen Werten für die Wellenlängen gerechnet wurde, so ergibt sich mithin, daß sein λ_1 Cd 480,0 bis auf $^1/_{3000000}$ richtig ist, während λ_1 Cd 508,6 noch genauer stimmt.

Auf solche Weise hat der Verf. die folgenden Wellenlängen (in Luft von 15° C. und 760 *mm* Druck) kontrolliert und sie bis auf $^1/_{1000000}$ und darunter richtig befunden:

Cd	508,58240 479,9911	Michelson
Hg	579,0659 576,9598 546,0742 435,8343	Fabry und Perot
Zn	636,2345 481,0535 472,2164 468,0138	Fabry und Perot
Na	589,5932 588,9965	Fabry und Perot.

Ferner wurden noch die Werte für die folgenden Helium-Linien genau ermittelt:

706,5192 667,8147 587,5618 501,5682 492,1927 471,3173 447,1480.

Von diesen sind die beiden letzten nur im 1 *mm*-Etalon untersucht worden und daher nur bis auf etwa $^5/_{1000000}$ sicher.

Die benutzten Glasplatten sind von Brashear geliefert worden. Die Elemente Cd, Hg, Na und He wurden in den Michelsonschen ähnlichen Vakuumröhren mittels eines Ruhmkorffs, zuweilen auch mit Wechselstrom zum Leuchten gebracht. Für Zn und gelegentlich Cd wurde ein „*Trembleur*" nach Fabry und Perot verwendet. Trotz der Verschiedenartigkeit in der Erzeugung des Lichtes ergaben die Messungen keine merkliche Differenz. Michelson benutzte seinerzeit für die Cd-Linien sein Vakuumrohr, Fabry und Perot für Hg ihre Quecksilberlampe, für Zn ihren *Trembleur* und für Na eine Flamme.

Der Ref. will noch darauf hinweisen, daß früher bereits Maurice Hamy (*Sur le spectre du zinc. Compt. rend.* **138.** *S. 959. 1904*) die Wellenlängen von fünf Zn-Linien nach der Methode von Fabry und Perot, aber unabhängig von diesen, nachgemessen hat, was der Verf. nicht erwähnt. Hamy bezieht seine Messungen auch auf die rote Cd-Linie 643,8, benutzt ein Rohr mit Außenelektroden und erhält die folgenden Werte:

636,2346 518,1984 481,0533 468,0138 462,9810.

Wie der Vergleich mit den drei Werten von Fabry und Perot lehrt, ist die Übereinstimmung eine außerordentlich gute. Zn 472,2 zeigte im Hamy-Rohr eine schlecht definierte Wellenlänge.

Scheck.

Das Wasserstoffspektrum in der Gegend der kürzesten Wellenlängen[1]).

Von Th. Lyman. *Astrophys. Journ.* **23.** *S. 181. 1906.*

Vor mehr als 10 Jahren führte V. Schumann in Leipzig seine grundlegenden Untersuchungen über das Wasserstoffspektrum im Gebiete sehr kleiner Wellenlängen aus. Nach Konstruktion seines Flußspat-Vakuumspektrographen und durch Einführung besonderer, gelatinefreier Trockenplatten gelang es ihm, das Wasserstoffspektrum weit über die bis dahin bei λ 1850 gelegene Grenze hinaus zu photographieren. Eine genaue Bestimmung der Wellenlängen der neu aufgefundenen Linien war ihm jedoch nicht möglich, da er einen Prismen-

[1]) Eine Besprechung eines früheren, vorläufigen Berichtes über diese Untersuchung siehe *diese Zeitschr.* **24.** *S. 334. 1904.*

spektrographen benutzt hatte. Durch Extrapolation der Dispersionskurve für sein Flußspatprisma gelangte er zu einer genäherten Schätzung der Wellenlängen; hiernach lag die Grenze des von ihm beobachteten Spektrums ungefähr bei der Wellenlänge von 1000 AE.

Um eine genaue Messung der Wellenlängen zu ermöglichen, benutzte der Verf. zu seinen ebenfalls auf Schumannschen Platten gemachten Aufnahmen ein Konkavgitter. Schon bei seinen ersten Versuchen fand er die wichtige Tatsache, daß auch der beste, durchsichtigste Flußspat alle Strahlen von kürzerer Wellenlänge als 1200 AE vollständig absorbiert, woraus bereits folgte, daß Schumanns Aufnahmen sich nicht über diese Grenze hinaus erstrecken konnten. Um noch weiter in das Gebiet der kurzen Wellen vorzudringen, mußte also selbst der Durchgang des Lichts durch die dünne, die Geißlersche Röhre verschließende Flußspatplatte vermieden werden. Die Entladungsröhre wurde daher mit einem offenen Ende direkt vor den Spalt des Spektrographen gesetzt, mit anderen Worten, der den ganzen Spektralapparat ausfüllende Wasserstoff wurde vor dem Spalte selbst zum Leuchten gebracht.

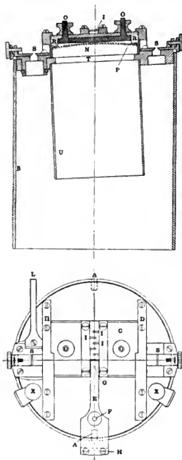
Der vom Verf. benutzte Apparat besteht aus zwei Teilen, dem eigentlichen Spektrographen und einem Rezipienten, in welchen jener zur Herstellung des Vakuums eingeschlossen wird. Der Spektrograph wird von einem 91 *mm* weiten und 96 *cm* langen Messingrohr gebildet, welches an dem einen Ende das Konkavgitter, am andern die photographische Platte und den dicht daneben liegenden Spalt trägt. Das Gitter hat 97 *cm* Krümmungsradius und 592 Linien auf jedem Millimeter. Es ist auf der Innenseite des einen Verschlußdeckels des erwähnten Messingrohrs so angebracht, daß es von außen her durch Schrauben justiert und auch um eine zu den Gitterstrichen parallele Achse gedreht werden kann. Das einfachste Verfahren zur Messung der Wellenlängen auf der Strecke von 1000 bis 1900 AE wäre gewesen, diese Strecke in der zweiten Ordnung des Gitters aufzunehmen und als Vergleichsspektrum die damit zusammenfallenden Linien des Spektrums erster Ordnung, die auf der Strecke λ 2000 bis λ 3800 liegen, zu verwenden. Diese Methode konnte jedoch lediglich zur Kontrolle der hellsten Linien angewendet werden, da nur das Spektrum erster Ordnung zur Aufnahme der kurzen Wellenlängen hinreichend lichtstark war. Der Verf. bediente sich daher einer schon früher (*Phys. Rev.* ***16.*** *S. 261. 1903*) von ihm beschriebenen Anordnung, um die unbekannten Linien an bekannte im Spektrum derselben Ordnung anzuschließen. Stehen das Konkavgitter und die photographische Platte an den Endpunkten des Durchmessers eines Kreises, der den halben Krümmungsradius des Gitters zum Radius hat, so erscheint bekanntlich das Spektrum scharf auf der Platte, wenn sich der Spalt an irgend einer Stelle des Kreises befindet. Verf. benutzte nun zwei in dieser Weise angebrachte Spalte und erhielt dadurch auf der Platte zwei Spektra, die um einen bestimmten, konstanten Betrag gegeneinander verschoben waren; aus den bekannten Wellenlängen des einen konnte er so die unbekannten des andern Spektrums berechnen.

Die Figur zeigt die Anordnung der Kassette und der beiden Spalte in etwa $^1/_2$ nat. Gr. In das dem Gitter entgegengesetzte Ende des oben erwähnten Rohres wird ein die scharfe Fokussierung ermöglichendes kurzes Auszugsrohr *B* geschoben, welches durch eine um die Zapfen *A* mittels der zwei Schrauben *X* drehbare Platte verschlossen ist. Diese Platte trägt die beiden Spalte *S*, von denen der eine, um sie zueinander genau parallel richten zu können, mit Hülfe des Griffes *L* gedreht werden kann. Die zwischen den beiden Spalten liegende Kassette *C* ist, um die Aufnahme mehrerer Spektra ohne Öffnen des Apparates zu ermöglichen, in den Führungen *D* verschiebbar. Ihre Fortbewegung wird durch den um den Zapfen *F* drehbaren Hebel *E* bewirkt. Letzterer trägt unten bei *H* eine eiserne Platte, die mit Hülfe eines außerhalb des Rezipienten befindlichen Magnets nach rechts und nach links gezogen werden kann. Am oberen Ende trägt der Hebel *E* einen Zapfen *G*, auf den sich die an der Rückseite der Kassette angebrachten Zähne *I* stützen. Bei der Drehung des Hebels fällt die Kassette jedesmal um den Betrag des Zahnabstandes nach unten.

Um eine größere Strecke des Spektrums scharf abzubilden, müssen die Platten in die Form der oben erwähnten, auch durch die beiden Spalte gehenden Kreislinie gebogen werden. Zu diesem Zwecke besteht die Kassette aus zwei Teilen, einem äußeren *R* und einem inneren *ON*.

Die höchstens 0,5 *mm* dicke photographische Platte *P* wird auf die Kreissegmente *N* gelegt, und ihre überstehenden Enden werden beim Anziehen der beiden Schrauben *O* von den Vorsprüngen *R* erfaßt, wodurch die Anschmiegung an den Kreisbogen *N* bewirkt wird. *T* ist ein schmaler Schlitz, der das aufzunehmende Spektrum seitlich begrenzt, und das kurze Rohr *U* schützt die Platte vor seitlichen Lichtreflexen.

Der Abstand der beiden Spalte voneinander war so gewählt, daß ohne Veränderung der Gitterstellung nach Belieben die Methode der gegeneinander verschobenen Spektra oder die Koinzidenz zwischen dem Spektrum erster und zweiter Ordnung benutzt werden konnte. Das Gitter wurde so gestellt, daß die größte Wellenlänge des vom rechten Spalt auf der Platte entworfenen Spektrums λ 1900 war; alsdann gab der linke Spalt an derselben Stelle der Platte im Spektrum erster Ordnung λ 3100 und damit zusammenfallend aus der zweiten Ordnung λ 1550. Durch diese doppelte Aufnahme der hellsten Linien wurde eine sichere Kontrolle der Wellenlängen ermöglicht.



Der ganze Spektrograph wurde zur Herstellung des Vakuums in ein 113 *mm* weites und 110 *cm* langes Messingrohr gelegt, welches mittels einer Geryk-Pumpe ausgepumpt wurde. Da selbst Spuren atmosphärischer Luft die kürzesten Wellenlängen absorbieren, wurde der ganze Apparat nach wiederholtem Auswaschen mit verdünntem Wasserstoff gefüllt. Zur Untersuchung des Wasserstoffspektrums selbst konnte daher eine offene Geißlersche Röhre benutzt werden, während zur Untersuchung der Spektra anderer Gase die Abschließung der Röhre durch ein Flußspatfenster nicht zu vermeiden war. Letztere Untersuchung hat der Verf. namentlich am Luftspektrum angestellt, um die etwa im Wasserstoffspektrum auftretenden, von Spuren beigemengter Luft herrührenden Luftlinien aussondern zu können. Da, wie schon erwähnt, der Flußspat unterhalb λ 1200 undurchsichtig ist, so konnte diese Aussonderung der Luftlinien nur bis zu dieser Wellenlänge durchgeführt werden. Wegen zahlreicher Einzelheiten der sehr sorgfältigen Untersuchung muß Ref. auf die Originalarbeit verweisen; hier sollen nur die wichtigsten Resultate derselben zusammengestellt werden.

Das Wasserstoffspektrum wurde bis zur Wellenlänge λ 1030 photographiert. Auf der Strecke von λ 2000 bis λ 1675 konnten keine Wasserstofflinien gefunden werden, von λ 1675 bis λ 1228 wurden die Wellenlängen von 310 Wasserstofflinien auf etwa 0,3 AE genau gemessen; von λ 1228 bis λ 1031 wurden noch 52 Linien, die wahrscheinlich dem Wasserstoff angehören, auf 1 AE genau bestimmt. Das Schumannsche Wasserstoffspektrum wurde mit einer Wellenlängenskale versehen und ist der vorliegenden Abhandlung auf drei Tafeln beigefügt; die äußerste Linie desselben hat die Wellenlänge 1266,9. Das Luftspektrum (ohne Kapazität im Stromkreise) zeigt auch im Gebiete der kurzen Wellenlängen das bekannte Aussehen des Stickstoff-Bandenspektrums. Bei Einschaltung einer Kapazität werden die Spektra der Luft und des Wasserstoffs erheblich geändert.

Die Grenze der Durchsichtigkeit des Flußspats lag selbst bei den besten Stücken von nur 0,9 *mm* Stärke bei λ 1200. Spiegelmetall reflektiert die kurzen Wellenlängen noch gut, und daraus hergestellte Konkavgitter dürften wohl auch die Auffindung noch kürzerer Wellen ermöglichen. *J. H.*

Das Férysche Spektrorefraktometer für Flüssigkeiten.

Von C. Chéneveau. *Journ. de phys.* **5.** *S. 649. 1906.*

Mit dem eigenartigen Namen Spektrorefraktometer bezeichnet Féry das neueste, für Dispersionsmessungen eingerichtete Modell seines Refraktometers (Fig. 1). Der Querschnitt der Kapillare der Geißlerschen H-Röhre *G* wird von der Kondensorlinse *l* vergrößert auf dem Spalte *f* des Kollimators abgebildet; dabei durchdringen die Strahlen die Natriumflamme *M*, sodaß die Wasserstoff-Linien und die Natrium-Linien gleichzeitig im Fernrohr gesehen werden können. Vom Kollimatorobjektiv *L* aus geht das nunmehr parallelstrahlige Büschel durch das von einem Wasserbade umgebene Hohlprisma *C*, in das die zu messende Flüssigkeit gefüllt wird, ferner durch das Amici-Prisma *P* und liefert schließlich in der Brennebene *R* des Fernrohres ein Spektrum. Wie die Figur zeigt, werden die Seitenwände des Hohlprismas von zwei Glaskeilen gebildet, deren Keilwinkel zusammen ebenso groß sind wie der brechende Winkel des Hohlprismas. Das Licht erfährt also durch das mit Flüssigkeit gefüllte Prisma eine Ablenkung, die gleich der Differenz der Ablenkungen des Flüssigkeitsprismas und eines Glasprismas von gleichem Winkel ist. Die Wände des Wasserbads sind ebenfalls keine Planplatten, vielmehr werden sie von schwachen Plankonvexlinsen gebildet. Das Wasserbad mitsamt dem Hohlprisma ist auf einen Schlitten gesetzt, der senkrecht zu der Achse des Instruments meßbar verschoben werden kann. Die Plankonvexlinsen üben ihrerseits eine von der Stellung des Schlittens abhängige Prismenwirkung (Ablenkung) auf das Strahlenbüschel aus, das von *L* nach *L'* geht, und man hat den Schlitten so lange zu verschieben, bis die sämtlichen Ablenkungen sich eben aufheben, d. h. bis das gerade betrachtete Spaltbild auf den Schnittpunkt des Fadenkreuzes im Fernrohre einsteht. Diese Verschiebung dient also direkt zur Messung; sie wird an einer Teilung mit Nonius abgelesen, welche beide aber nicht nach Millimeter, sondern nach Brechungsindizes beziffert sind. In Fig. 2 ist z. B. abzulesen $n_D = 1,3925 + 0,0004$ (da erst der vierte Teilstrich des Nonius mit einem Striche der Hauptteilung zusammenfällt) $= 1,3929$.

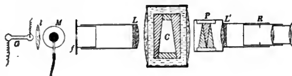


Fig. 1.



Fig. 2.

Das Amici-Prisma *P* hat den Zweck, den Abstand der Spektrallinien, der bei einem solchen nur durch die Differenz der Dispersionen erzeugten Spektrum sehr klein ist, zu vergrößern und die Einstellung zu erleichtern.

Die oben erwähnte Teilung mit Index gilt nur für Natriumlicht; für die übrigen Linien ist folgendes Verfahren anzuwenden. Man stellt der Reihe nach die einzelnen Linien auf den Schnittpunkt des Fadenkreuzes ein und liest ab. Diese Ablesungen sind noch mit einer Korrektion zu versehen, ehe sie n_C, n_F und $n_{G'}$ darstellen; zu dem Zwecke zieht man von jeder Ablesung diejenige ab, die man vorher für die gleiche Farbe bei destilliertem Wasser ermittelt hat, und multipliziert die Differenzen je mit einem Faktor; die Produkte sind die gesuchten Korrektionen, die an den direkten Ablesungen noch anzubringen sind; für die Multiplikationen sind Hülfstabellen ausgearbeitet worden.

Verf. teilt die Brechungsindizes von Äthylalkohol, einer wäßrigen Lösung von Kalziumchlorür und von reinem Benzin mit, die er neben einander mit dem Spektrorefraktometer und mit dem Refraktometer nach Pulfrich erhalten hat; die Abweichungen überschreiten

zwei Einheiten der vierten Dezimale nicht und dürften vielleicht auf die primitive Heizvorrichtung zurückzuführen sein, mit der Férys Instrument ausgerüstet ist. Wer jemals mit einem Abbeschen Refraktometer mit heizbaren Prismen gearbeitet hat, wird sich kaum an das Arbeiten mit dem schwer zu reinigenden und zu heizenden Hohlprisma Férys gewöhnen.

Das Spektrorefraktometer wird von der Firma Ph. Pellin in Paris fabriziert.

Lö.

Ein Spulengalvanometer für Wechselströme.

Von H. Abraham. *Compt. rend.* **142.** *S. 993. 1906.*

Das neue Wechselstromgalvanometer[1]) ist ein gewöhnliches Spulengalvanometer, dessen permanenter Magnet durch einen Elektromagneten ersetzt ist. Der Eisenkern des letzteren und das zylindrische Eisenstück im Innern der beweglichen Spule sind natürlich unterteilt. Immerhin entstehen in den Eisenblechen Wirbelströme, welche bei den unvermeidlichen Unsymmetrien störende Kräfte auf die bewegliche Spule ausüben. Diese Kräfte kann man aber durch ein Metallblech aufheben, das man in geeigneter Weise in den Luftraum des Elektromagnets einschiebt.

Schließt man nun die bewegliche Spule durch einen kleinen Widerstand und erregt den Elektromagneten durch Wechselstrom, so wird in der Spule eine elektromotorische Kraft geweckt, welche gegen das erzeugende Feld in der Phase um 90° verschoben ist. Könnte man also die Selbstinduktion der Spule vernachlässigen, so würde das Feld auf den Stromleiter keine Kraft ausüben können. Infolge der Selbstinduktion wird aber der Strom in der Phase verschoben und dadurch ein Drehmoment hervorgerufen, das die Spule in die Lage zurückführt, in der ihre Windungsebene von keinen Kraftlinien geschnitten wird. Um dieses Drehmoment, welches die Empfindlichkeit des Apparates bedeutend herabsetzen würde, aufzuheben, wird zu dem äußeren Widerstand ein Kondensator parallel geschaltet, der die Wirkung der Selbstinduktion aufhebt.

Ein Galvanometer von 200 Ohm Spulenwiderstand war durch einen Widerstand von 330 Ohm geschlossen, dem $^1/_2$ Mikrofarad parallel geschaltet wurde. Das Galvanometer mit 2000 Ohm Vorschaltwiderstand war aperiodisch und besaß bei einem Skalenabstand von 1 *m* eine Empfindlichkeit von 275 *mm* für 1 Mikroampere. Die maximale Empfindlichkeit ist nur dann zu erreichen, wenn man eine Vorrichtung besitzt, um die Phase des den Elektromagneten erregenden Stromes beliebig verschieben zu können, worauf nicht besonders aufmerksam gemacht ist.

Natürlich ist es auch möglich, durch den Kondensator überzukompensieren, sodaß eine Empfindlichkeit erreicht wird, die größer ist, als der Torsion des Aufhängedrahtes entspricht.

E. O.

Neu erschienene Bücher.

A. Linker, Elektrotechnische Meßkunde. 8°. VIII, 442 S. m. 385 Fig. Berlin, J. Springer 1906. Geb. in Leinw. 10 M.

Das Buch ist in fünf Kapitel eingeteilt, welche elektrische Meßmethoden, magnetische Messungen, Messungen an Gleichstrommaschinen, Messungen an Wechselstrommaschinen und Photometrie behandeln. Es ist für Studierende und Ingenieure, die in der Praxis stehen, bestimmt.

Um ein allgemeines Urteil vorweg zu nehmen, ist die Darstellung wenig klar, oft sehr schwerfällig, und es finden sich eine größere Zahl schiefer Behauptungen und direkter Fehler. Viel Nachdruck ist auf die Ableitung der mathematischen Formeln gelegt. Diese Ableitungen

[1]) Ähnliche Anordnungen sind angegeben von Stroud und Oatis, *Phil. Mag.* **6.** *S. 707. 1903* und von Terry, *Phys. Rev.* **21.** *S. 193. 1905.*

sind aber fast durchweg recht ungeschickt und umständlich, während sie doch gerade in einem solchen Buche so klar und übersichtlich sein sollten, daß man womöglich keinen Augenblick den physikalischen Inhalt der Formeln aus den Augen verliert. Man sehe sich daraufhin z. B. den Abschnitt über die Thomson-Brücke an.

An manchen Stellen finden sich auch Pseudobeweise; so wird z. B. auf *S. 51* die Gleichung des physikalischen Pendels aus der des mathematischen durch Erweitern mit $m \cdot l$ abgeleitet. An anderen Stellen wieder wird der mathematische Beweis in unnötiger Weise umgangen und durch ein sehr anfechtbares Raisonnement ersetzt, so auf *S. 7* die Berechnung des Widerstandes einer Stromverzweigung.

Höchst sonderbar ist Auswahl und Anordnung des Stoffes im ersten Kapitel. Zunächst werden hier an Hand der bekannten Analogie der Flüssigkeitsbewegungen in durchaus nicht mustergültiger Weise die Begriffe Spannung, Strom, Widerstand und ihr Zusammenhang abgeleitet; dies wäre gewiß nicht nötig gewesen und ist um so verwunderlicher, als gar nicht viel später mit Begriffen wie Effektivwerten, Reaktanz, Wechselstromwiderständen ohne die geringste Definition oder Erklärung operiert wird.

Von Methoden der Widerstandsmessung werden behandelt Wheatstonesche Brücke ($2^1/_2$ S.), Substitutionsmethode ($1^1/_2$ S.), Messung mit Differentialgalvanometer (4 S.), Methoden von Matthiessen und Hockin und Doppelbrücke von Thomson (5 S.). Diese Methoden stehen aber nicht etwa hinter einander, sondern dazwischen finden sich Kapitel über Widerstände von Elementen (etwa 7 S.), über Isolationswiderstände, Fehlerortsbestimmungen (etwa 10 S.) und ein Kapitel über Anfstellung eines Differentialgalvanometers, das die neueren Untersuchungen von Jaeger nicht berücksichtigt und um so sonderbarer anmutet, als sich sonst das Buch über Galvanometer vollständig ausschweigt. Bei der Wheatstoneschen Brücke findet sich eine unzutreffende Behauptung über die Wirkung der Selbstinduktion auf die Messung, während über den Einfluß der Thermokräfte gar nichts gesagt wird. Über Genauigkeit und Brauchbarkeit dieser Methode wird nichts weiter mitgeteilt. Dagegen findet sich später folgender Satz: „Im Vergleich zur Substitutionsmethode hat die Messung mit dem Differentialgalvanometer den großen Vorteil, daß man hierbei mit so starken Strömen arbeiten kann, als das Galvanometer verträgt, wodurch die Empfindlichkeit der Methode bedeutend größer wird, während man bei der Substitutionsmessung die Empfindlichkeit des Galvanometers durch Nebenschluß- oder Vorschaltwiderstände verringern mußte, um keine zu starken Ablenkungen zu erhalten" (!).

Von Normalwiderständen und der Benutzung dieser Widerstände zu genauen Strommessungen ist nirgends die Rede. Dagegen werden für Strommessungen Tangentenbussole und Voltameter empfohlen. Beim Silbervoltameter findet sich die Behauptung, daß es in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt als Stromnormal zur Kontrolle der Strommesser dient. Ein ungebührlich großer Raum wird einem ganz bedeutungslosen Jodvoltameter (3 S.) eingeräumt, während über die so überaus wichtigen Normalelemente kein Wort verloren wird.

Anstatt ein Kapitel über Dynamometer und seine Anwendungen zu bringen, ist ein Kapitel über Messungen elektrischer Leistungen, ein zweites über Messungen mit der Stromwage aufgenommen. Diese sind aber getrennt durch ein Kapitel „Prüfung von Elektrizitätszählern" (nur $1^1/_3$ S.); das letztere fordert durch seinen Inhalt den schärfsten Widerspruch heraus. Man lese folgende Sätze: „Am genauesten sind die sogenannten Pendelzähler von Aron; allerdings sind sie im Preise höher als die für die Praxis genügend genauen Motorzähler. Je länger nun die Zeit bei der Messung gewählt wird, um so genauer wird das Resultat der Prüfung. Allerdings ist damit ein großer Energieverbrauch verbunden.... Ohne großen Effektverbrauch und Zeitaufwand lassen sich gleichfalls die sogenannten oszillierenden Motorzähler nachprüfen." Von anderen Zählertypen ist überhaupt nicht die Rede; der ganze Abschnitt enthält z. T. unrichtige, z. T. überflüssige Sätze.

Aus den Abschnitten über Messung von Selbstinduktionen und Kapazitäten mögen folgende Fehler aufgeführt werden: *S. 122*: „Da im Galvanometer kein Strom fließt, so muß

das Potential $V_2 = V$ sein", V_2 und V sind aber durch einen Draht verbunden, haben also stets dasselbe Potential. *S. 125*: „Man gleicht die Widerstände so ab, daß das Galvanometer beim Schließen von S in Ruhe bleibt"; dann darf aber S nicht im Hauptzweig, sondern muß im Galvanometerzweig liegen. Auf *S. 130* ist die Ableitung des Gesamtwiderstandes der Stromverzweigung (Selbstinduktion und Kapazität parallel) falsch, die Resultate natürlich ebenso.

Die Kapitel über Maschinenmessungen sind in manchen Beziehungen besser; man merkt, daß der Verf. auf diesem Gebiete einige experimentelle Erfahrung besitzt. Wessen man sich aber auch in diesen Kapiteln versehen kann, dafür zwei Beispiele: *S. 197*: J_e ist der Erregerstrom einer Nebenschluß-Gleichstrommaschine, E_k ihre Klemmenspannung, R der Belastungswiderstand. „Wie man aus den Kurven ersieht, ist für $J_e = 0$ auch $E_k = 0$ (stimmt aber nicht mit der Figur). Es muß also $E_k / J_e = R$ ebenfalls Null werden (Druckfehler!), d. h. wir beginnen die Aufnahme, indem wir R kurz schließen, wozu ein Lampenstativ mit parallel geschalteten Glühlampen nicht genügt, da der Gesamtwiderstand aller Lampen niemals Null werden kann. Zweckmäßig schaltet man daher noch einen Kurbelwiderstand zu den Lampen parallel." (!) Auf *S. 244*: „Wird einem um eine Achse drehbaren Körper durch eine äußere Kraft eine bestimmte Winkelgeschwindigkeit erteilt, so besitzt er nach Aufhören der Einwirkung eine gewisse potentielle (!) Energie oder Arbeitsfähigkeit. Überläßt man nun den Körper sich selbst, so wird die potentielle in kinetische Energie umgesetzt (!), um die bei der Rotation auftretenden Verluste zu kompensieren, sodaß der Körper eine immer mehr abnehmende Umdrehungszahl zeigt und allmählich zur Ruhe kommt."

Diese Auslese möge genügen, um die Behauptung zu rechtfertigen, daß das Buch nicht empfohlen werden kann. Bedauerlich bleibt nur, daß eine so wenig wertvolle Arbeit in einem vornehmen und anspruchsvollen Gewande auftritt. *E. O.*

Publikationen des astrophysikalischen Observatoriums zu Potsdam. Hrsg. v. Dir. H. C. Vogel. Nr. 53. 4°. XVIII. Bd. 1. Stück. Potsdam. Leipzig, W. Engelmann.

53. J. Hartmann, Ein neues Verfahren zur Messung der Linienverschiebung in Spektrogrammen. 47 S. m. Abbildgn. u. 1 Taf. 1906. 3 M.

Studien, Naturwissenschaftliche. Veröffentlicht von Dr. E. Ebering. gr. 8°. Berlin, E. Ebering.

1. Heft. H. Witte, Über den gegenwärtigen Stand der Frage nach einer mechanischen Erklärung der elektrischen Erscheinungen. XII, 232 S. m. 14 Fig. u. 1 Taf. 1906. 7,50 M.

F. Neumann, Gesammelte Werke. Hrsg. v. seinen Schülern. In 3 Bdn. Bd. II, hrsg. v. E. Dorn, C. Neumann, W. Voigt, A. Wangerin u. A. 4°. XVI, 620 S. m. 1 Bildnis u. Fig. 36 M.

Bd. II enthält 16 vorzugsweise auf Wärme u. Licht sich beziehende Abhandlungen a. d. J. 1831—1862. — Bd. I wird enthalten geometrische und kristallographische Arbeiten. — Bd. III wird enthalten eine große optische Abhandlung aus den Schriften der Berliner Akademie 1841, elektrische u. magnetische Untersuchungen u. s. w.

H. D. Taylor, *System of Applied Optics. Being a complete system of formulae of the 2. order, and the foundation of a complete system of the 3. order, with examples of their practical application.* 4°. Mit Fig. London 1906. Geb. in Leinw. 31 M.

R. A. Smart, *Handbook of Engineering Laboratory Practice.* 8°. VI, 290 S. m. Fig. Geb. in Leinw. 12,50 M.

S. Newcomb, *Compendium of Spherical Astronomy. With its application to the determination and reduction of Positions of the Fixed Stars.* 8°. 462 S. m. Fig. London 1906. Geb. in Leinw. 12,80 M.

H. A. Lorentz, Versuche e. Theorie der elektrischen u. optischen Erscheinungen in bewegten Körpern. Unveränd. (anastat.) Abdr. der 1895 bei E. J. Brill in Leiden erschienenen 1. Aufl. gr. 8°. III, 139 S. Leipzig, B. G. Teubner 1906. Geb. in Leinw. 3,20 M.

W. C. Sabine, *Student's Manual of a Laboratory Course in Physical Measurements.* Revidierte Aufl. 8°. VI, 97 S. m. Fig. Boston 1906. Geb. in Leinw. 6 M.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Kuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied, Dr. **H. Krüss**, Prof. Dr. **S. Czapski**.

Redaktion: Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XXVI. Jahrgang. **Dezember 1906.** Zwölftes Heft.

Über einen Spektrographen für Ultrarot.

Von
Dr. **Hans Lehmann** in Jena.

1. Vorbemerkungen.

Im ultravioletten Gebiete des Spektrums sind bisher in großer Anzahl und Mannigfaltigkeit Untersuchungen ausgeführt worden, während das ultrarote Gebiet in dieser Hinsicht eigentlich eine recht stiefmütterliche Behandlung erfahren hat, und doch würde gerade die genauere Kenntnis ultraroter Spektren die noch vielfach fehlende Lösung gewisser theoretischer Fragen ermöglichen; es sei hier z. B. nur erinnert an die Dispersionstheorien, ferner an die Gesetzmäßigkeiten in Emissions- und Absorptionsspektren, an Phosphoreszenzerscheinungen u. a. m.

Der Grund hierfür liegt wohl hauptsächlich in der Unbequemlichkeit der Untersuchungsmethoden im Ultrarot gegenüber dem Ultraviolett, zu dessen Aufzeichnung man sich ja einfach der gewöhnlichen photographischen Trockenplatte bedient.

Zur Ausführung von direkten Messungen im Ultrarot hat man häufig das Radiometer oder das Bolometer angewendet, wie denn z. B. die Messung der „Reststrahlen" von Steinsalz und Sylvin bei 72 μ von Rubens und Aschkinaß[1]) als klassisch auf diesem Gebiete zu bezeichnen ist. Einige ultrarote Emissionsspektren glühender Metalldämpfe hat mittels des Radiometers bisher nur Lewis[2]) einwandfrei und mit ausreichender Genauigkeit untersucht. Doch erstreckten sich seine Messungen nur auf einige Metalle und nur bis zur Wellenlänge von 1150 $\mu\mu$. Messungen der letztgenannten Art sollten jedoch zweckmäßiger nach einer mehr objektiven Methode unternommen werden, etwa unter Zuhülfenahme der direkten Photographie, da letztere ganz zweifellos in viel einfacherer Weise, als es die Aufzeichnung des Energiespektrums zuläßt, eine genauere Lagenbestimmung feiner Spektrallinien ermöglicht.

Allerdings erfordert die objektive Methode der direkten Photographie des Ultrarot entweder eine besondere Herstellungsweise der Platte, wie sie Abney[3]) zu seinen grundlegenden Arbeiten benutzte (die Herstellung scheint jedoch so schwierig zu sein, daß sie selbst dem Erfinder nur ein einziges Mal glückte), oder viel einfacher eine besondere Präparation gewöhnlicher photographischer Platten mittels solcher optischer Sensibilisatoren, welche die Platten auch für die roten und einen Teil der ultraroten Strahlen empfindlich machen, wie ich es z. B. in meinen früheren Arbeiten beschrieben habe[4]). Der Wirkungsbereich beider Methoden erstreckt sich jedoch kaum bis zur Wellenlänge von 1 μ.

[1]) Rubens und Aschkinaß, *Wied. Ann.* **65.** *S. 241. 1898.*
[2]) E. P. Lewis, *Astrophys. Journ.* **2.** *S. 17. 1895.*
[3]) W. Abney, *Phil. Trans.* **2.** *S. 653. 1880.*
[4]) H. Lehmann, *Ann. d. Physik* **5.** *S. 633. 1901.*

Wesentlich weiter kommt man bei Anwendung einer anderen objektiven Methode, der „phosphorographischen", welche Becquerel[1]) zuerst anwandte. Hierbei wird ein Phosphor, z. B. die Balmainsche Leuchtfarbe (Kalziumsulfid) oder die Sidot-Blende (Zinksulfid) im leuchtenden Zustande den Spektren ausgesetzt, wobei die ultraroten Strahlen die Eigenschaft entwickeln, die Phosphoreszenz auszulöschen. Becquerel erhielt so ein dunkles Spektrum auf schwach hellem Grunde, welches er subjektiv ausmaß. Becquerels Resultate reichten bei Anwendung der Sidot-Blende etwa bis zur Wellenlänge 1300 $\mu\mu$, konnten jedoch später durch andere Methoden (z. B. von Lewis) nur zum Teil bestätigt werden, was infolge der großen Lichtschwäche des Verfahrens nicht zu verwundern ist.

Draper[2]) schließlich kombinierte die beiden letztgenannten Methoden zur „phosphorophotographischen", indem er die phosphoreszierende Platte, nachdem sie dem Spektrum exponiert worden war, in Kontakt mit einer gewöhnlichen photographischen Platte brachte, die dann entwickelt wurde. Hierdurch kam die oben erwähnte starke Fehlerquelle in Wegfall, welche Becquerels Methode noch anhaftete. Draper gelang jedoch die Fixierung des Ultrarots nur bis zur Wellenlänge von etwa 1 μ, da er nämlich nur die Balmainsche Leuchtfarbe anwenden konnte, welche in blauem Lichte phosphoresziert, und andere als gewöhnliche, also nur blauempfindliche, photographische Platten damals noch nicht existierten.

Erst in neuester Zeit sind photographische Platten im Handel zu haben, welche auch für die weniger brechbaren Strahlen in genügender Weise empfindlich sind, sodaß einer bequemen Ausübung der vor nunmehr etwa fünfundzwanzig Jahren erfundenen Phosphorophotographie mittels der weiterreichenden und grün phosphoreszierenden Sidot-Blende nichts mehr im Wege steht. Den Anfang damit machte A. Dahms[3]) in Leipzig, dessen interessante und grundlegende Untersuchungen über Phosphoreszenz sich auch auf andere Phosphore erstreckten.

Dahms gab als Grenze des Wirkungsbereiches der Sidot-Blende ungefähr 1300 $\mu\mu$ an in Übereinstimmung mit Becquerel. Tatsächlich aber liegt, wie mir Messungen mit besserer Optik zeigten, diese Grenze erst etwa bei 2 μ.

Das Verfahren der Phosphorophotographie mittels der Sidot-Blende ist kurz folgendes: Der in bekannter Weise[4]) hergestellte, in der Achatschale äußerst fein pulverisierte Phosphor wird mittels einer Glasplatte in die flache Vertiefung einer Platte aus irgend einem festen Material gedrückt. Der so entstandene kleine Phosphoreszenzschirm wird nun in blauem Lichte etwa $^1/_4$ bis $^1/_2$ Minute erregt und dann sofort 1 bis 2 Minuten einem Spektrum ausgesetzt. Unmittelbar darauf wird der Phosphoreszenzschirm in Kontakt mit einer grünempfindlichen, photographischen Trockenplatte gebracht (z. B. einer Perorto-Platte von Perntz), welch letztere nach Verlauf von höchstens 2 Stunden in der gewöhnlichen Weise entwickelt wird.

Von großem Einfluß auf den Erfolg ist bei Verwendung der Sidot-Blende das Intensitätsverhältnis der Phophoreszenzstrahlung und der auslöschenden ultraroten Strahlen, dessen richtige Ermittlung jedoch durch Variation der Erregungs- und Expositionszeiten leicht gelingt.

Das soeben beschriebene phosphorophotographische Verfahren ist meines Erachtens die bequemste und zugleich aussichtsreichste Methode zur objektiven Dar-

[1]) H. Becquerel, *Ann. de chim. et de phys.* **30.** *S. 5. 1883.*

[2]) J. W. Draper, *Phil. Mag.* **11.** *S. 160. 1881.*

[3]) A. Dahms, Beiträge zur Kenntnis von Erscheinungen der Phosphoreszenz. Habilitationsschrift. Leipzig 1903.

[4]) A. Dahms, *a. a. O. S. 25.*

stellung des ultraroten Spektrums, die bequemste gegenüber der rein photographischen Methode, welche oft stundenlange Belichtung erfordert, und die aussichtsreichste, solange kein Phosphor gefunden wird, dessen Wirkungsbereich sich weiter als derjenige der Sidot-Blende erstreckt.

Zur Erzeugung des Spektrums wird man sich hierbei möglichst lichtstarker Apparate zu bedienen haben; aus diesem Grunde wird man im allgemeinen von der Verwendung der relativ lichtschwachen Konkavgitter-Anordnung wohl absehen müssen. Es kommt somit hauptsächlich die gewöhnliche Konstruktion des Spektrographen, die aus Spaltfernrohr, dispergierendem Teil und Kamera besteht, in Betracht. Während nun die gewöhnliche Konstruktion der optischen Systeme eines solchen Apparates bei Untersuchung des Spektrums bis etwa 900 $\mu\mu$ in den meisten Fällen ausreicht, läßt die Messungsgenauigkeit von dort ab ganz bedeutend nach, ja in der Gegend von 2 μ tritt eine so starke Lichtzerstreuung ein, daß eine Abbildung überhaupt nicht mehr erfolgt.

Es ist daher nötig, die optischen Systeme für das ultrarote Spektralgebiet besonders zu korrigieren. Ein derartiges System ist bereits von Lommel und Fomm[1]) bei ihren phosphorophotographischen Untersuchungen des Sonnenspektrums mittels der Balmainschen Leuchtfarbe bis zur Wellenlänge von 980 $\mu\mu$ benutzt worden; für den Wirkungsbereich der Sidot-Blende reicht es also wohl nicht aus. Übrigens sind seine Konstruktionsdaten u. s. w. nicht genau bekannt geworden.

In der vorliegenden Arbeit soll nun über die Vorbedingung zur Konstruktion und über letztere selbst eines für die Sidot-Blende ausreichenden Systems berichtet werden und im Anschluß hieran ganz kurz, dem Charakter dieser Zeitschrift entsprechend, über die Verwendung und Verwendbarkeit des Instrumentes.

2. Bestimmung des Brechungsexponenten.

Als Ausgangsmaterial der für Ultrarot korrigierten Objektive dienten zwei möglichst helle, sonst aber nach keinem weiteren Gesichtspunkte ausgesuchte Gläser, Steinheil-Flint Nr. 43 und Steinheil-Crown Nr. 218 mit den Brechungsexponenten 1,577 bezw. 1,521.

Die Durchlässigkeit von Gläsern ist nämlich für den vorliegenden Zweck vollkommen ausreichend, da Absorption bekanntlich erst bei 3 μ einsetzt.

Die Bestimmung der Brechungsexponenten geschah an Aufnahmen vom ultraroten Emissionsspektrum des Rubidiums, dessen Wellenlängen mir angenähert bekannt waren[2]). Hierzu diente ein gewöhnlicher Spektrograph in Verbindung mit je einem 60°-Prisma der oben genannten Gläser (die Methode der senkrechten Inzidenz wäre allerdings bequemer gewesen, doch standen mir keine 30°-Prismen zur Verfügung).

Die optischen Systeme des Spektrographen waren natürlich für das zu untersuchende Gebiet nicht korrigiert und gaben infolgedessen ganz breite verwaschene Linien. Doch genügte die Einstellungsgenauigkeit noch für den vorliegenden Zweck, obgleich im äußersten Gebiet des Ultrarot nicht mehr beobachtet werden konnte.

Der Gang der Untersuchung war nun so, daß die Aufnahme in der Minimumstellung des Prismas für gelbes Natriumlicht geschah, und zwar phosphorophotographisch in der oben beschriebenen Weise. Die Spektrogramme wurden darauf mittels eines Meßmikroskopes ausgemessen und die Messungen in der Weise reduziert, daß die in Längenmaß gemessenen Werte in die entsprechenden Winkelwerte um-

[1]) Lommel und Fomm, *Wied. Ann.* **40.** *S. 681. 1890.*

[2]) H. Lehmann, *Physik. Zeitschr.* **5.** *S. 823. 1904.*

gerechnet wurden. Hierzu war die genaue Kenntnis der Brennweite oder vielmehr der Entfernung der Einstellebene von dem zweiten Hauptpunkte des Kameraobjektivs nötig, welche nach Fig. 1 aus folgender Formel berechnet wurde:

$$F = \frac{p_1 \cdot p_2 \cdot (p_2 - p_1) \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta \, (\operatorname{tg} \beta - \operatorname{tg} \alpha)}{[(p_2 - p_1) \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta]^2 + (p_2 \operatorname{tg} \alpha - p_1 \operatorname{tg} \beta)^2},$$

worin p_1 und p_2 die gemessenen Abstände dreier Linien von bekannter Dispersion α und β bedeuten.

Die Winkelwerte β konnten dann nach den Formeln

$$d = \frac{-p_1 \pm \sqrt{p_1^2 - 4 F \left(F - \frac{p_1}{\operatorname{tg} \alpha}\right)}}{2}$$

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{F p_2}{d (d + p_2) + F^2}$$

ermittelt werden, welche ebenfalls aus Fig. 1 folgen, worin d eine für jede Aufnahme nur einmal zu berechnende Hülfsgröße und α den für ein jedes Prisma bekannten Winkelabstand der Natrium- und einer anderen Linie im sichtbaren Rot bedeutet.

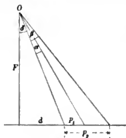


Fig. 1.

War so die Dispersion für die ultraroten Linien ermittelt worden, dann erfolgte die Berechnung der Brechungsexponenten in folgender Weise. In Fig. 2 stellt ψ den brechenden Winkel des Prismas dar, φ_0^D sei der bekannte Einfallswinkel bei der Minimumstellung für Natriumlicht, φ_0', φ_2 und φ_2' seien die durch Brechung eines ultraroten Strahles entstehenden Winkel. Alsdann gelten die Beziehungen



Fig. 2.

$$\operatorname{tg} \frac{\varphi_0' - \varphi_2}{2} = \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} \cdot \operatorname{cotg} \left(\varphi_0^D - \frac{\beta}{2}\right) \cdot \operatorname{tg} \frac{\psi}{2},$$

worin

$$\beta = \varphi_0^D - \varphi_2',$$

$$\varphi_0^D - \frac{\beta}{2} = \frac{\varphi_0^D + \varphi_2'}{2},$$

$$\psi = \varphi_0' + \varphi_2$$

ist, und

$$n = \frac{\sin \varphi_0^D}{\sin \varphi_0'}.$$

Man könnte n auch nach der bekannten Formel[1])

$$n = \sqrt{\frac{(\sin \varphi_2' + \cos \psi \cdot \sin \varphi_0)^2}{\sin^2 \psi} + \sin^2 \varphi_0}$$

ermitteln; doch ist dieses Verfahren für numerische Berechnung umständlicher.

Es ergaben sich auf diese Weise für die beiden Gläser folgende Brechungsexponenten:

[1]) Vgl. z. B. Müller-Pouillets Lehrbuch der Physik. Bd. II, 1. Abt. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1897. S. 55.

Tabelle I.

λ	n_{Flint}	n_{Crown}
589	1,57663	1,52079
780	1,56779	1,51486
1000	1,56254	1,51100
1400	1,55775	1,50704
1600	1,55579	1,50521

3. Die Farbenkurve.

Ich stellte mir die Anfgabe, das optische System so zu achromatisieren, daß bei scharfer Einstellnng eines bestimmten Gebietes im sichtbaren Rot anch im Ultrarot ein bestimmtes Gebiet vollkommen scharf abgebildet werde, wodurch eine einfache nnd bequeme Justierung des Apparates ermöglicht wurde. Der Scheitel der Farbenkurve sollte dann etwa in der Gegend von 1000 $\mu\mu$ liegen, und als Wellenlängen, für welche das System rechnerisch korrigiert werden sollte, wurden 589 und 1600 $\mu\mu$ gewählt.

Das sekundäre Spektrum berechnet sich bekanntlich aus der Formel

$$\frac{\Delta F}{F} = \frac{1}{\nu_1 - \nu_2} \cdot \left(\frac{\delta n_1}{\Delta n_1} - \frac{\delta n_2}{\Delta n_2}\right),$$

worin sich die Indizes 1 und 2 anf die Glasarten beziehen. Folgende Tabelle gibt die dazngehörigen nnmerischen Größen:

Tabelle II.

Glas	n_{1000}	$\Delta n_{1600-589}$	ν	$\delta n_{1600-1000}$	$\delta n_{1400-1000}$	$\delta n_{1000-780}$	$\delta n_{1000-589}$
Crown	1,51100	0,01558	32,80	0,00579 0,3717	0,00396 0,2542	0,00386 0,2478	0,00979 0,6285
Flint	1,56254	0,02084	26,99	0,00675 0,3239	0,00479 0,2296	0,00525 0,2520	0,01409 0,6759
			$\frac{\Delta F}{F} =$	0,008226	0,004200	0,000723	0,008156

Die kleingedruckten Zahlen geben das Verhältnis $\frac{\delta n}{\Delta n}$ an, wie es bei Anfstellnng derartiger Tabellen üblich ist. Die letzte Zeile stellt die chromatischen Differenzen für die Brennweite 1 dar, während Fig. 3 die Differenzenkurve für die Brennweite 1000 zeigt.

Die zu berechnenden Objektive sollten die Brennweite 360 *mm* erhalten, für welche das sekundäre Spektrum 2,8 *mm* groß wird.

Dieser Wert ist zn beträchtlich, nm das ganze in Betracht gezogene Intervall von 589 bis 1600 $\mu\mu$ unter Benntzung eines schwach dispergierenden Mittels in genügender Schärfe abzubilden; es gelang letzteres nur von etwa 670 $\mu\mu$ an. Dagegen wird nnter Berücksichtigung der Bildkrümmnng des Systems (es wurde anch als Kameraobjektiv nur der gewöhnliche [Frannhofersche] Typus des Fernrohrobjektives benutzt) und bei Anwendnng einer entsprechend größeren Dispersion das ganze Gebiet von 589 bis 1600 $\mu\mu$ vollkommen scharf abgebildet. Die Länge dieses Spektralgebiets beträgt dann auf der Platte etwa 55 *mm*.

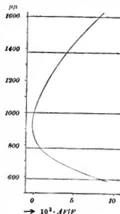


Fig. 3.

4. Die Berechnung des Objektives.

Nachdem so die optischen Eigenschaften der beiden Gläser festgestellt waren, wurde zur eigentlichen Berechnung des Objektives geschritten.

Die Objektive sollten eine Brennweite von 360 und eine Öffnung von 40 Millimeter erhalten, also die Helligkeit 1/9, was für Spektrographen eine mehr als mittlere Lichtstärke bedeutet.

Von der Erfüllung der Gauß-Bedingung wurde abgesehen, da der Gauß-Typus mehr zu visuellen Messungen von Spektrallinien in der Achse geeignet erscheint. Die zu konstruierenden Objektive sollten vielmehr zur Abbildung eines Spektrums auf einer zur optischen Achse senkrechten Ebene dienen; es ist daher die strenge Erfüllung der Sinusbedingung notwendig.

Tabellen zur näherungsweisen Bestimmung der Radien für chromatisch und sphärisch korrigierte Objektive, welche die Sinusbedingung erfüllen (etwa das Hartingsche[1])), sind in unserm Falle nicht anwendbar, da derartige Tabellen nur für das sichtbare Gebiet berechnet sind. Es wurden daher die Vorrechnungen in der bekannten Weise nach den Moserschen[2]) Formeln vorgenommen, wobei die Bedingungen aufgestellt wurden, daß die sphärische Aberration in der Achse und die „Verzerrung", d. h. der Fehler gegen die Sinusbedingung, für die Wellenlänge 1000 $\mu\mu$ und die chromatische Abweichung für die Wellenlängen 589 und 1600 $\mu\mu$ gehoben sind.

Man erhält hiernach für jede Gläserfolge zwei Formen, im ganzen also vier.

Tabelle III.

Radien	Flint voraus: I.		Flint voraus: II.		Crown voraus: III.		Crown voraus: IV.	
R_0	99	U.Z.	31	U.Z.	20	O.Z.	227	O.Z.
R_2	78	O.Z.	107	U.Z.	54	O.Z.	38	U.Z.
R_4	59	O.Z.	850	U.Z.	33	O.Z.	39	U.Z.
R_6	71	U.Z.	31	U.Z.	19	O.Z.	368	U.Z.

Die Radien gelten für eine Brennweite von 360 *mm*.

Für die technische Herstellung kommen hier für die verlangte Linsenöffnung von 40 *mm* nur die Formen I und IV ernstlich in Betracht, von welchen die Form IV als die günstigste von beiden realisiert wurde.

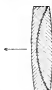


Fig. 4 (2/3 nat. Gr.).

Allerdings würde in Form I mit der Glasfolge „Flint voraus" eine bessere Bildebenung erzielt worden sein als wie bei „Crown voraus". Dieser Nachteil wird jedoch durch das sekundäre Spektrum in Verbindung mit einer geeigneten Dispersion des Spektrographen vollkommen wieder aufgehoben, wie bereits im Abschnitt 3 mitgeteilt wurde.

Die Näherungswerte IV führen schließlich nach einiger Variation der Radien und nach einer geringen Durchbiegung des ganzen Objektives mittels trigonometrischer Durchrechnung nach Annahme geeigneter Dicken und unter Berücksichtigung der Linsenöffnung leicht auf folgende endgültige Form (Fig. 4):

[1]) H. Harting, *diese Zeitschr.* **18.** *S. 357. 1898.*
[2]) C. Moser, *diese Zeitschr.* **7.** *S. 225. 308. 1887.*

Tabelle IV.

Crown voraus:

$D_1 = 7$	$R_0 = 209$ O. Z.	$\frac{O}{F} = \frac{40}{360}\,mm$	Crown	$n_{589} = 1{,}52079$
$D_3 = 0{,}1$	$R_2 = 38{,}6367$ U. Z.			$n_{1600} = 1{,}50521$
$D_5 = 3$	$R_4 = 39{,}0484$ U. Z.		Flint	$n_{589} = 1{,}57663$
	$R_6 = 369{,}045$ U. Z			$n_{1600} = 1{,}55579$

Die Fehlerreste in der Achse sind, in Millimeter ausgedrückt, folgende:

Tabelle V.

Farbenfehler . . .	Achse:	0,392	nicht kompensiert	Fehler der Schnittweiten
	Rand:	0,300	über „	
Kugelgestaltfehler .	λ_{589}:	0,488	über „	
	λ_{1600}:	0,204	nicht „	
Verzerrung	λ_{589}:	0,021	nicht „	Fehler der Brennweiten.
	λ_{1600}:	0,012	über „	
Farbenvergrößerung	Achse:	0,042	über „	
	Rand:	0,009	über „	

Auf eine theoretisch günstigere Ausgleichung der Fehlerreste wurde aus praktischen Gründen verzichtet.

Die berechnete Form IV erfüllt also in der Tat sämtliche drei gestellten Bedingungen; durch geeignete Wahl der Dicken konnte sogar auch noch die Farbenvergrößerung ihrem Minimum sehr nahe gebracht werden.

5. Prüfung des Objektives.

Die von der Firma C. A. Steinheil Söhne in München bereitwilligst hergestellten Objektive zeigten bei der Prüfung im Spektrographen das ganze Gebiet von 589 bis 1600 $\mu\mu$ in sehr beträchtlicher, aber gleichmäßiger Unschärfe. Letzterer Umstand deutete darauf hin, daß die Objektive noch recht beträchtliche sphärische Aberration besaßen, während die Achromasie erreicht war.

Die Größe der sphärischen Aberration wurde nach der Hartmannschen „extrafokalen Blendenmethode“[1]) einfach in der Weise festgestellt, daß die Abstände nur einiger weniger extrafokaler Bilder mittels eines Okularschraubenmikrometers gemessen wurden. Die sphärische Aberration in der Achse betrug rund 5 *mm*, und zwar überkompensiert.

Da die Krümmungsradien der Flächen genau stimmten, so konnte dieser große Fehler nur durch nicht ganz richtiges Einhalten der Dicken bezw. des Abstandes entstanden sein.

Um den Einfluß des Linienabstandes auf die Größe der sphärischen Aberration zu prüfen, rechnete ich das Objektiv noch einmal durch unter Annahme eines Abstandes von 0,2 *mm* (anstatt 0,1).

Das Resultat war, dafs durch die Abstandsänderung von 0,1 mm die sphärische Aberration in der Achse rund 8 mm grofs wurde, und zwar nicht kompensiert. Es gelang mir nunmehr leicht, durch Zwischenlegen von Stanniolblättchen von geeigneter Dicke zwischen die Ränder der beiden Linsen, die sphärische Aberration vollkommen zu heben[2]), was ich durch nochmalige Anwendung der Hartmannschen Prüfungs-Methode bestätigen konnte. Diese für die Herstellung des beschriebenen Objektives ungünstige

[1]) J. Hartmann, *diese Zeitschr.* **24.** *S. 1, 33, 97. 1904.*

[2]) Vgl. H. Lehmann, *diese Zeitschr.* **22.** *S. 328. 1902.*

Empfindlichkeit bezüglich des Linsen-Abstandes ist eine Folge der starken Krümmungen der Innenflächen, welche ihrerseits wieder durch die Wahl der Gläser bedingt sind. Es dürfte jedoch nicht schwer sein, nunmehr günstigere Gläserpaare zu finden.

6. Über die Verwendung des Apparates.

Mit den im vorigen Abschnitte beschriebenen Objektiven als Kollimator und Kameralinse in Verbindung mit einem Spektrographen wurden bisher folgende mehr oder weniger eingehende Untersuchungen angestellt:

1. Messung einiger Brechungsexponenten.
2. Prüfung einiger phosphoreszierender Körper.
3. Aufnahmen von Linienspektren.

Bei der Bestimmung von Wellenlängen in einem Linienspektrum ergab sich für gut definierte Linien ein mittlerer Fehler von ± 0,5 AE, eine Fehlergrenze, die infolge des relativ groben Korns der Platte, die das phosphorophotographische Verfahren mit sich bringt, gering erscheint.

4. Untersuchungen von Absorptionsspektren.

Gerade auf diesem Gebiete ist noch recht wenig gearbeitet worden, zum Nachteil der theoretischen Chemie. Die einzigen Untersuchungen dieser Art sind die Abneys. Zeichnungen der von ihm photographierten Absorptionsspektren der Alkohole, des Benzols und seiner Derivate u. s. w., die ungefähr bis zur Wellenlänge von 1 μ reichen, werden im 3. Bande von Kaysers Handbuch der Spektroskopie reproduziert.

5. Untersuchungen über anomale Dispersion.

Als dispergierende Mittel wurden bei allen diesen Versuchen meistens ein oder mehrende starkbrechende Flintprismen benutzt.

Beugungsgitter mit etwa 600 Strichen pro *mm*, wie sie jetzt viel gebräuchlich sind, versagten vollständig. Ihre Gitterkonstante ist bereits kleiner als die Länge der zu beugenden Wellen.

Hr. Prof. Kayser stellte mir freundlichst zwei guterhaltene Original-Gitter von Fraunhofer, in Gold geteilt, zur Verfügung, welche etwa 90 bezw. 110 Striche pro *mm* besaßen; doch waren die Gitter zu lichtschwach.

Das Fehlen eines geeigneten Gitters machte leider die Ausführung absoluter Messungen im äußersten Ultrarot zunächst (vorliegende Arbeit bezieht sich auf Untersuchungen, die im Winter 1904/05 ausgeführt wurden) unmöglich.

Erst ein grobes, aber lichtstarkes Drahtgitter, welches mir neuerdings die Firma C. Zeiß in Jena freundlichst überließ, genügte einigen der oben beschriebenen Zwecke.

Jena, im November 1906.

Vergleichende Betrachtungen über die Empfindlichkeit verschiedener Methoden der Widerstandsmessung (Nachtrag).

Von
Prof. Dr. W. Jaeger in Charlottenburg.

In einer Mitteilung über Methoden hoher Präzision zur Widerstandsvergleichung weist Herr F. E. Smith[1]) vom *National Physical Laboratory* in Teddington (England) auf eine Arbeit von Prof. Schuster[2]) hin, in der bereits im Jahre 1895 das von mir

[1]) F. E. Smith, *The Electrician* **57.** *S. 976. 1009. 1906; Rep. of the Electrical Standards Committee Brit. Ass. York 1906.*

[2]) A. Schuster, *Phil. Mag.* **39.** *S. 175. 1895.*

in dieser Zeitschrift[1]) kürzlich behandelte Problem der Empfindlichkeitsvergleichnng verschiedener Methoden der Widerstandsmessung von demselben Gesichtspunkte aus dnrchgeführt worden ist. Diese Arbeit war mir leider entgangen, was infolge des Titels (*Electrical Notes*) und dadnrch, daß die Resultate in Lehrbüchern keinen Eingang gefunden haben, wohl erklärlich erscheint. Hr. Schnster hat in der Tat in derselben Weise wie ich die Strombelastung des zu messenden Widerstandes als Vergleichsmoment der verschiedenen Methoden zngrunde gelegt nnd kommt unter dieser Voraussetznng auch zu dem Resnltat, daß die Empfindlichkeit *der Wurzel der im Meßwiderstand umgesetzten elektrischen Energie* $\sqrt{i^2 w}$ proportional ist. Die übrigen von Hrn. Smith angeführten englischen Arbeiten, die sich anf Widerstandsmeßmethoden beziehen, behandeln die Frage in anderer Weise, meist unter Voraussetznng einer gegebenen elektromotorischen Kraft, sodaß diese nnd der Widerstand des unverzweigten Stromkreises in den Gleichungen auftreten. Die Mitteilung von Schnster scheint daher die einzige zn sein, die das Problem in der angegebenen Weise behandelt, die anderen Arbeiten stehen anf einem ganz anderen Boden und können als Vorgänger nicht angeführt werden.

Es ist vielleicht von allgemeinem Interesse nnd auch als Ergänzung meiner Ausführungen wünschenswert, im folgenden die in ganz allgemeiner Form ausgesprochenen Ergebnisse, zu denen Schuster kommt, hier knrz nachzutragen.

Bezeichnet $\delta\gamma$ den kleinsten, mit einem bestimmten Galvanometer noch wahrnehmbaren Strom, i_m den Maximalstrom, den man nnter gegebenen Umständen dem zu messenden Widerstand p zumuten darf, nnd g den Widerstand des Galvanometers, δp die Änderung des Widerstandes p, die noch meßbar ist, so ergibt sich bei *unverzweigtem* Stromkreis

$$\frac{\delta p}{p+g} = \frac{\delta\gamma}{i_m}$$

als Maß der größten erreichbaren Empfindlichkeit.

Der kleinste Strom nun, der mit einem Nadelgalvanometer bestimmter Art wahrgenommen werden kann, ist umgekehrt proportional $\sqrt{g}$, d. h. $\delta\gamma = a/\sqrt{g}$; da bei der günstigsten Schaltungsweise $g = p$ zu setzen ist, erhält man dann

$$\frac{\delta p}{p} = \frac{2\,a}{\sqrt{i_m^2\,p}}\,,$$

d. h. bei einem Nadelgalvanometer ist die Empfindlichkeit der Widerstandsmessung proportional $\sqrt{i_m^2\,p}$.

Bei *Stromverzweigungen*, wie z. B. bei der Wheatstoneschen, Thomsonschen Brücke n. s. w., ist die Empfindlichkeit geringer, d. h. dieser Ausdruck ist noch mit einem Zahlenfaktor zu mnltiplizieren, der kleiner als 1 ist. Die angegebene Formel stellt also nur eine obere Grenze der erreichbaren Empfindlichkeit dar.

Das gleiche Resnltat erhält man, wie ich *a. a. O.* gezeigt habe, nnter den dort gemachten Voranssetzungen auch für das Drehspulengalvanometer.

Die Größe $\delta p/p$ hatte ich ε, den zu messenden Widerstand p der obigen Formel A genannt. Wenn die Normalempfindlichkeit des Galvanometers (für 1 Ohm nnd 1 Amp.) mit c_0 bezeichnet wird, so hatte ich gefunden, daß in allen Fällen, beim Nadel- nnd Drehspulengalvanometer, die Empfindlichkeit der Messung proportional ist der Größe

$$E = c_0\,i\sqrt{A}\cdot\varepsilon,$$

[1]) W. Jaeger, *diese Zeitschr.* **26.** *S. 69. 1906.*

und daß diese Größe bei den verschiedenen Meßmethoden noch mit einem Zahlenfaktor zu multiplizieren ist, der stets einen echten Bruch darstellt[1]), und der die Verhältniszahlen der in den Verzweigungen vorkommenden Widerstände zu dem zu messenden Widerstand enthält. Dies Resultat ist mit dem von Schuster abgeleiteten identisch.

Schuster hat ferner für die Veränderung der Empfindlichkeit, welche eintritt, wenn das Galvanometer nicht den günstigsten Widerstand besitzt, sondern der Widerstand das n-fache oder den n-ten Teil desselben ist, ebenfalls den Faktor $\frac{2\sqrt{n}}{n+1}$ abgeleitet und eine Tabelle hierfür aufgestellt. Ebenso macht er, wie ich es auch getan habe, darauf aufmerksam, daß bei der Wheatstoneschen Brücke nicht die Gleichheit aller Zweige die günstigste Schaltung bedeutet.

Hrn. Schuster gebührt also die Priorität für diese kürzlich von mir unabhängig entwickelten Gesichtspunkte.

Bezüglich der Anwendung der vorstehenden Prinzipien auf die günstigste Ausführung der Widerstandsthermometer bin ich indessen zu prinzipiell anderen Resultaten als Schuster gekommen[2]), worauf ich aber an dieser Stelle nicht näher eingehen möchte.

Hr. Smith hat *a. a. O.* die Frage bezüglich der Empfindlichkeit verschiedener Methoden der Widerstandsmessung wieder aufgenommen und die Formeln für die Thomsonsche und die Wheatstonesche Brücke, für den Kompensationapparat und das Differentialgalvanometer bei Benutzung von Nadelgalvanometern nochmals in etwas anderer Weise abgeleitet. Diese Formeln haben eine besondere Bedeutung, was auch aus der Mitteilung von Smith hervorgeht, wenn es sich, wie bei der Messung von Normal-Quecksilberwiderständen, darum handelt, bei möglichst geringer Stromstärke eine hohe Empfindlichkeit zu erhalten. Das gleiche gilt z. B. bei der Anwendung von Widerstandsthermometern und Bolometern.

Nachdem nun von mehreren Seiten die Formeln für die Empfindlichkeit der verschiedenen Widerstands-Meßmethoden aufgestellt worden sind und auf ihre Bedeutung und Anwendungsweise hingewiesen wurde, ist jetzt zu hoffen, daß die Formeln, die den Widerstand und die elektromotorische Kraft des unverzweigten Stromkreises enthalten, aus den Lehrbüchern verschwinden, da sie auf unrichtigen bezw. nur in seltenen Fällen zutreffenden Voraussetzungen beruhen; an ihre Stelle haben die zuerst von Schuster angestellten, zweifellos einwandsfreien Betrachtungen zu treten, die ein wirkliches Urteil über den Empfindlichkeitsgrad der verschiedenen Methoden unter bestimmt festgelegten Annahmen ermöglichen.

Prismentisch zur automatischen Erhaltung des Minimums der Ablenkung.

Von
Dr. F. Löwe in Jena.
(Mitteilung aus der optischen Werkstätte von Carl Zeiß.)

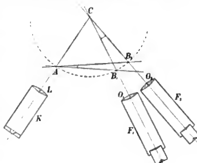
Die automatische Erhaltung des Minimums der Ablenkung in einem Spektralapparate ist schon durch eine Anzahl mehr oder weniger einfacher Konstruktionen verwirklicht worden[3]). Vor diesen zeichnet sich die im folgenden zu beschreibende

[1]) z. B. $^1/_8$ bei der günstigsten Schaltung der Wheatstoneschen Brücke.

[2]) Vgl. *diese Zeitschr.* **26.** *S. 278. 1906.*

[3]) Vgl. die Zusammenstellung in H. Kaysers Handbuch der Spektroskopie. Bd. I. Leipzig, S. Hirzel 1900. *S. 500 u. flgde.*

dadurch aus, daß sie frei von Führungsschlitzen mit gleitenden Zapfen ist, die erfahrungsgemäß einer starken Abnutzung unterworfen sind und daher auf die Dauer eine sichere Führung nicht gewährleisten. Ein automatischer Prismentisch soll sich bei einer Drehung des Fernrohres in demselben Sinne wie dieses genau um den halben Betrag drehen. Die optische Achse des Kollimators K (siehe die Figur) und die des Fernrohres F mögen sich in dem Punkte C der vertikalen Drehungsachse des Fernrohres schneiden, F_1 und F_2 stellen die Lage des Fernrohres vor und nach der Drehung dar. Der mit einem beliebigen Radius CA um C geschlagene Kreis schneide die Fernrohrachsen in den Punkten B_1 und B_2. Dann stellt der Winkel $B_1 C B_2$ den Drehungswinkel des Fernrohres dar, dieser ist als Zentriwinkel über dem Bogen $B_1 B_2$ das Doppelte des Winkels $B_1 A B_2$, d. h. die Verbindungslinie $A B_1$ bewegt sich bei einer Drehung des Fernrohrs halb so schnell als das Fernrohr. Um die Bewegung des Schenkels $A B_1$ auf den Prismentisch zu übertragen, ersetze man die Strecken $L A$ und $O B$ durch parallele, einige Zentimeter tiefer gelegene Stäbe und den Schenkel $A B_1$ durch einen starken Draht, der um einen senkrechten Zapfen in A drehbar ist und an seinem freien Ende eine zylindrische Führung trägt. Läßt man in dieser einen zweiten, rechtwinklig gebogenen Draht gleiten, dessen senkrecht nach unten zeigender Schenkel in einem Zapfen in B_1 drehbar ist, so nimmt der Draht, der sozusagen von variabler Länge ist, an jeder Drehung des Fernrohres gegen den feststehenden Kollimator, wie verlangt, mit dem halben Betrage teil. Diese Vorrichtung stellt nur ein zur Veranschaulichung geeignetes Beispiel dar, die endgültige Konstruktion ist insofern einfacher und solider, als man den Prismentisch selbst um einen Zapfen A drehbar gemacht und die zylindrische Führung an die untere Fläche des Prismentisches angeschraubt hat. Der rechtwinklig gebogene Stahldraht, der in der Hülse gleitet, und der durch eine angeschliffene Planfläche an dem Kippen um die Längsachse der Führungshülse verhindert wird, hängt in einem Zapfenlager B_1, das auf einem mit dem Fernrohr fest verbundenen horizontalen Arme angebracht ist. Die ganze Anordnung baut sich also von unten nach oben folgendermaßen auf: Auf einer mit dem Fuße des Spektroskopes bezw. mit dem Lager der Drehungsachse des Fernrohres fest verbundenen horizontalen Platte steht lose der Prismentisch mit seinen drei unten abgerundeten Stahlfüßen. Bei einer Drehung des Fernrohrs gleiten diese Füße auf der ebenen Platte; der Prismentisch selbst trägt das Stelltischchen, das mittels dreier Stellschrauben justiert werden kann, und erst auf diesem ruht das Prisma.



Die Einrichtung ist, wie alle dieser Art, von besonderem Werte für das Arbeiten mit unsichtbarem Lichte. Man kann z. B. ein Steinsalzprisma oder ein Quarzprisma mittels einer hellen Spektrallinie, etwa 546 $\mu\mu$, mit aller nur erreichbaren Schärfe in das Minimum der Ablenkung bringen und dann durch einfache Drehung des Fernrohrs bezw. der Kamera in das ultrarote oder ultraviolette Spektralgebiet übergehen und ist sicher, daß die jeweils in der Achse abgebildete Spektrallinie unter den günstigsten Abbildungsbedingungen zustande gekommen ist, wenn man nur zur Vermeidung eines etwa im Laufe der Zeit eintretenden toten Ganges darauf achtet, das Fernrohr oder die Kamera immer in demselben Sinne zu drehen.

Referate.

Scharfe Bestimmung zweier Instrumentalkonstanten bei Meridianbeobachtungen.

Von H. Renan. *Compt. rend.* **143.** *S. 160 u. 274. 1906.*

Die Neigung des Mikrometerfadens für Deklinationseinstellung wird am Meridianinstrument in der Regel bekanntlich so bestimmt, daß man den Faden auf einen dem Äquator nahe gelegenen Stern bei seinem Eintritt in das Gesichtsfeld einstellt und nun beobachtet, ob bezw. wie viel der Stern während seines Durchgangs durch das Gesichtsfeld vom Faden abgeht.

In ähnlicher Weise wird die Abweichung des beweglichen Stundenfadens von der vertikalen Richtung dadurch erkannt, daß man prüft, ob dieser Faden, wenn er auf eine Mire eingestellt ist, bei Bewegung des Fernrohres auf dieselbe eingestellt bleibt.

Wird die Neigung des Deklinationsfadens mit I und die Neigung des Stundenfadens gegen die Vertikale mit K bezeichnet, so bilden beide Fäden den Winkel $90^0 + K - I$ miteinander. Um nun den Winkel $K - I$ zu bestimmen und dadurch eine Kontrolle für die nach der älteren Methode erlangten Resultate zu gewinnen, schlägt Verf. das folgende, allerdings ziemlich umständliche Verfahren ein, wodurch er jedoch auch noch eine andere Instrumentalkonstante erhält, nämlich den bei den Loewyschen Methoden der Polhöhenbestimmung gebrauchten, in Bogensekunden auszudrückenden Unterschied zwischen einer Umdrehung der Mikrometerschraube für Rektaszensionseinstellung und einer Umdrehung der Mikrometerschraube für Deklinationseinstellung.

Verf. nimmt eine quadratische Glasplatte, deren Höhe gleich der Höhe des Rahmens ist, welcher die festen Fäden trägt. Auf einer Seite ist sie mit einem Silberbelag versehen, in welchen zwei den Kanten parallele, unter 90^0 sich schneidende Linien eingeritzt sind. Von dem Schnittpunkt aus sind durch kleine Striche Strecken von 35 *mm* nach jeder der vier Richtungen hin abgetragen. Die vier Endpunkte mögen mit den Ziffern 1, 2, 3, 4 bezeichnet sein, sodaß $\overline{1\,2}$ die eine und $\overline{3\,4}$ die andere Diagonale des Vierecks bildet. Die Glasplatte wird nun in das Fernrohr zwischen Okular und Mikrometerfäden so eingefügt, daß die Striche in unmittelbare Nähe der letzteren zu liegen kommen.

Nehmen wir vorderhand einmal an, die Strecke $\overline{1\,3}$ sei genau horizontal, so können wir die Neigung I des Deklinationsfadens erhalten, indem wir diesen auf die Punkte 1 und 3 einstellen und die Differenz dieser Einstellungen dividieren durch die Strecke $\overline{1\,3}$, ausgedrückt in Umdrehungen der Mikrometerschraube für Deklinationseinstellung. Um aber die Strecke $\overline{1\,3}$ in diesen Schraubenrevolutionen messen zu können, müssen wir die Glasplatte erst um 90^0 drehen.

In ähnlicher Weise könnten wir auch die Neigung K erhalten.

Um $K - I$ zu bekommen, ist es nun nicht mehr nötig, daß die Strecke $\overline{1\,3}$ ursprünglich genau horizontal lag. Wir erhalten zwei Ausdrücke für diese Winkeldifferenz, wenn wir folgende Messungen vornehmen. Bei der ersten Lage der Platte messen wir die Strecke $\overline{1\,3}$ in Umdrehungen der Rektaszensionsschraube und die Strecke $\overline{2\,4}$ in Umdrehungen der Deklinationsschraube. Ferner stellen wir noch mit dem Deklinationsfaden die Punkte 1 und 3 und mit dem Stundenfaden die Punkte 2 und 4 ein. In der um 90^0 geänderten Lage der Glasplatte messen wir die Strecke $\overline{1\,3}$ in Umdrehungen der Deklinationsschraube und die Strecke $\overline{2\,4}$ in Umdrehungen der Rektaszensionsschraube; ferner stellen wir den Deklinationsfaden auf die Punkte 2 und 4 und den Stundenfaden auf die Punkte 1 und 3 ein.

Es ist nicht schwer zu erkennen, daß diese Messungen, wenn die Glasplatte genau orientiert wäre, je zwei Werte für K und I liefern würden; bei nicht genauer Orientierung der Glasplatte liefern die Messungen jedoch zwei Werte für $K - I$, deren arithmetisches Mittel man als den sichersten Wert ansehen wird.

Aus der Messung einer und derselben Strecke in Umdrehungen der Rektaszensions- und der Deklinations-Mikrometerschraube läßt sich ferner die Differenz zwischen den

Revolutionswerten beider Schrauben in Revolutionen einer der beiden Schrauben ausdrücken. Denn wenn, um die Bezeichnung des Verf. beizubehalten, a' Umdrehungen der Deklinationsschraube zu je A Bogensekunden gleich a Umdrehungen der Rektaszensionsschraube zu je B Bogensekunden sind, also $a' A = a B$, so findet sich $B - A = \frac{a' - a}{a} A$. Selbst wenn nun A etwa nur auf 0,01″ genau bekannt wäre, so würde doch, weil der Faktor von A klein sein wird, $B - A$ sich mit großer Genauigkeit ergeben.

Bei seinen Bestimmungen des Wertes von $K - I$ nach seiner eigenen und nach der zu Eingang des Referates erwähnten älteren Methode fand Verf., daß das Resultat von der Lage, welche das Rohr während der Messungen gehabt hatte, abhängig war. Als Grund stellte sich ein geringes, höchstens 0,02 *mm* betragendes Schlottern der Rahmen für die beweglichen Fäden in ihren Führungen heraus.

Benutzte Verf. zur Bestimmung der Neigung des Vertikalfadens eine Mire, so ergab sich $K_n - K_s = + 0{,}43'$; durch das angehängte n und s soll hierbei die Lage des Objektivs nach Norden bezw. nach Süden angedeutet sein.

Mittels seiner eigenen Methode fand Verf. $K_n - I_n = + 2{,}82'$; $K_s - I_s = + 2{,}20'$; also $K_n - I_n - (K_s - I_s) = + 0{,}62'$.

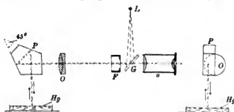
Maß er die Neigung der beweglichen Fäden gegen die festen Fäden bei verschiedenen Fernrohrlagen, so ergab sich $K_n - K_s = + 0{,}40'$; $I_n - I_s = - 0{,}20'$; folglich $K_n - I_n - (K_s - I_s) = + 0{,}60'$, in guter Übereinstimmung mit dem vorigen Resultat. Erwähnt muß jedoch werden, daß Verf. in seinem Aufsatz den Werten $K_n - I_n$ und $K_s - I_s$ vermutlich infolge Versehens, aber zu wiederholten Malen das negative Vorzeichen gibt. *Kn.*

Beschreibung eines Autokollimator-Nivellierinstruments mit Quecksilberhorizont.

Von A. Claude und L. Driencourt. *Compt. rend.* **143.** *S. 394. 1906.*

Die Sicherheit, mit der durch die gewählten Einrichtungen an ihrem „Prismenastrolabium" die Herstellung eines tatsächlich konstanten Höhenwinkels, nahe bei 60°, gelungen ist, hat die Verf. zu dem Versuch veranlaßt, auf derselben Grundlage ein *Nivellierinstrument* zu konstruieren. Jene Konstanz des Höhenwinkels am Prismenastrolabium ist bedingt durch die Anwendung einerseits eines Prismas mit doppelter Reflexion als des Meßinstruments, das die Unveränderlichkeit des Winkels sichert, andrerseits eines besonderen Quecksilberhorizonts. Die Kombination dieser beiden Teile kann offenbar zur Herstellung eines *beliebigen* konstanten Höhenwinkels nutzbar gemacht werden; man muß nur für jeden Fall ein Prisma nehmen, bei dem der Winkel zwischen den reflektierenden Flächen die Hälfte des zu messenden Winkels ist. Man kann auch ein *Nivellierinstrument* (Instrument für den Höhenwinkel 0) nach demselben Prinzip entwerfen. Die Verf beurteilen die *Libelle*, die sonst zur Horizontallegung der Ziellinie eines Nivelliers dient, sehr ungünstig. Der neue Apparat setzt sich zusammen aus 1. einem pentagonalen Prisma, an dem die zwei reflektierenden Flächen den Winkel 45° einschließen; dieses sitzt über 2. einem Quecksilberhorizont von der Einrichtung der Verf. (mit sehr dünner Quecksilberschicht, sodaß der Horizont bei einigem Schutz durch einen Überkasten auch im Wind brauchbar bleibt, wie sich am Prismenastrolabium gezeigt hat), 3. aus einem horizontalliegenden Fernrohr, dessen eine Objektivhälfte gegen das Prisma gerichtet ist und dessen Ziellinie eben horizontal gelegt werden soll. Dies geschieht durch Autokollimation mit Hülfe des Quecksilberspiegels Hg, wenn nur noch zwischen Okular o und Fadenkreuz F die die Strahlen der seitlichen Lichtquelle L reflektierende Platte G eingeschaltet wird (vgl. die Figur). Den Gang der Lichtstrahlen deutet die Figur an; das System Prisma-Quecksilberhorizont spielt genau die Rolle eines normal zur Fernrohrziellinie stehenden Spiegels. Wenn das Fadenkreuz des Fernrohrs gehoben oder gesenkt wird, so senkt oder hebt sich um ebensoviel das Spiegelbild des Horizontalfadens; man kann, da so die Bewegung aufs Doppelte vergrößert erscheint, die Horizontierung sehr scharf machen. Auf der Nivellierlatte, deren Bild durch die rechte, nicht vom Prisma P verdeckte Hälfte des Objektivs O entsteht,

kann in dem Augenblick der genauen Deckung des Horizontalfadens und seines Spiegelbilds abgelesen werden. Hr. Mechaniker Jobin hat ein Versuchsinstrument dieser Art aus einem Prismenastrolabium mittleren Modells hergestellt, wobei nur das Prisma durch das die Hälfte des Fernrohrobjektivs in Anspruch nehmende Pentagonprisma zu ersetzen war, und der Quecksilberhorizont statt mit der beweglichen Schachtel, die beim Prismenastrolabium gegen den Wind angewendet wird, mit einer festen Hülle zu umgeben war. Es hat sich gezeigt, daß eine ziemlich starke Beleuchtung (*L*) notwendig ist, damit das Bild des Horizontalfadens deutlich wird; man kann das Sonnenlicht oder eine kleine elektrische Taschenlampe verwenden. Der Horizontallegungsfehler soll auf wenige Zehntel der Sekunde herabgebracht werden können, im übrigen hängt die Genauigkeit von der Genauigkeit des Winkels 45° am Prisma ab. Der Vorzug der neuen Einrichtung zur Elimination der Libelle wäre besonders der, daß die Ablesung auf der Latte in dem Augenblicke gemacht werden kann, in dem die genaue Horizontalität der Ziellinie hergestellt ist. Der weitere Vorzug, den die Verf. ihrer Anordnung zuschreiben, daß man infolge der großen Genauigkeit der Horizontallegung der Ziellinie die Zielweite beträchtlich steigern könne, läßt sich bekanntlich wegen unruhiger und unscharfer Lattenbilder nur sehr selten ausnutzen. Man darf auch bei der Beurteilung dieses neuen Versuchs, die Libelle entbehrlich zu machen, nicht vergessen, daß es sich bei den neuen Nivellierverfahren, die auf genaue Horizontallegung der Ziellinie verzichten und den kleinen Höhen- oder Tiefenwinkel der Visur messen müssen, nicht um Ablesung an der Lattenskale, sondern um Einstellung eines Punkts dieser Skale (Feldmitte oder Strich) handelt. Praktische Versuche werden bald weiteres lehren. Die Verf. führten Ende September d. J. ihr Instrument auf der Konferenz der internationalen Erdmessung in Budapest vor.



Hammer.

Über die Tätigkeit der deutschen Abteilung der deutsch-englischen Grenzregulierungs-Expedition in Togo.

Von L. Ambronn. *Mitt. aus d. deutschen Schutzgebieten* **18.** *S. 95. 1905.*

Auch in diesem Aufsatz ist, wie in dem in *dieser Zeitschr.* **26.** *S. 257. 1906* besprochenen, das Instrumentarium genau beschrieben, und es findet sich manche im Sinne dieser Zeitschrift erwähnenswerte Bemerkung.

Der deutschen Expedition standen zur direkten und zur geodätischen Bestimmung der geographischen Koordinaten von Haupt- und Zwischenpunkten zu Gebot: 1. ein Reiseuniversal von Tesdorpf mit 15 *cm*-Kreisen, $^1/_6$°-Teilung, zwei Schraubenmikroskope geben 10" (s. das oben zitierte Referat); 2. ein Durchgangsinstrument von G. Heyde mit 19 Fäden (s. ebenfalls das Referat *a. a. O.*), Libelle 1,9" auf 1 Par. Lin., die äußersten Fäden sind rund 50ˢ vom Mittelfaden entfernt. Die drei letzten Fäden haben auf der einen Seite je 9ˢ Abstand, auf der andern aber 6ˢ, 12ˢ, 9ˢ; diese unsymmetrische Anordnung der äußersten Fäden zu beiden Seiten des Mittelfadens hatte den Zweck, Verwechslungen der Fäden (II mit XVIII u. s. f.) schon nach Anblick der Zahlen der Beobachtungen auszuschließen. Bei den mittleren Fäden ist der Abstand 5ˢ bis 3ˢ, einmal 7ˢ; diese nahen Fäden in der Mitte des Gesichtsfelds dienten für die langsam sich bewegenden Sterne mit großem δ, sodaß für diese nicht immer die äußern Fäden mit beobachtet zu werden brauchen. Für Zeitsterne wurden nur 11 Fäden genommen. Für einen Teil der Messungen ist die als Ersatz der Spinnfäden vorhandene Glasstrichplatte verwendet worden. 3. Ferner waren vorhanden zwei Theodolite von Sprenger ohne Höhenkreis, Horizontalkreis 18 *cm*, 2 Nonien 10"; Horizontalkreis verstellbar. Kleine Universale von Hildebrand und von Fennel wurden ebenfalls mitgenommen. 4. Gefällmesser von Sprenger (nach Abney); 5. drei Heliotrope von Fueß;

6. drei Stahlmeßbänder von 100 und 20 *m* Länge, 1 Drahtseil (ohne Teilung) von 100 *m*, 1 Paar Normalmeter; Federzugsspannungsmesser für die 100 *m*-Bänder, 2 Distanzlatten, ein paar Dutzend Stähe; 7. Prismen- und Routen-Bussolen („Kompasse“); 8. Prismenfeldstecher; 9. 4 Aneroide (3 von Bohne); 10. „Hypsometer“ von Fueß; 11. Uhren: 2 Box-Chronometer, mehrere Taschenuhren (Urania-München, Lange-Glashütte).

Die astronomischen Beobachtungen werden ziemlich eingehend beschrieben, ebenso die geodätischen Vermessungen (Polygonzüge: eine Schleife von etwa 180 *km* Länge zeigt einen Schlußfehler von $\sqrt{14^2 + 91^2}$ *m*, eine zweite von 148 *km* Länge den Schlußfehler $\sqrt{39^2 + 167^2}$ *m*; Triangulation über die Moba-Landschaft: Grundlinie von rund 420 *m* Länge gab bei zwei Messungen mit einem 100 *m*-Stahlband 5 *mm* Abweichung der zwei Messungen unter einander; u. s. f.). Nicht alle Messungen sind näher beschrieben, aber die Ergebnisse aller sind in Zahlen angegeben und diskutiert. *Hammer.*

Rationelle Teilung einer Distanzlatte bei Anwendung eines distanzmessenden Fernrohres mit Fadenmikrometer.

Von Th. Dokulil. gr. 8⁰. 68 S. m. Fig. Wien, L. W. Seidel & Sohn 1905. 3,60 M.

„Als eine rationelle Lattenteilung kann diejenige bezeichnet werden, bei welcher das Bild des kleinsten Intervalles der Teilung, in welchem die Schätzung an dem Faden vorgenommen wird, eine konstante Größe besitzt und einen solchen Wert erhält, daß das Verhältnis der Bildgröße zur scheinbaren Fadenstärke dem Genauigkeitsgrade der Schätzung entspricht“; so beginnt der Verf. seine vorliegende Doktor-Dissertation. Er kommt selbstverständlich zu einer logarithmischen Teilung; der Nullpunkt ist mit dem einen der zwei Distanzfäden einzustellen, während am zweiten Distanzfaden — denn auf diese zwei horizontalen *festen* Distanzfäden im Okular beschränkt sich das „Fadenmikrometer“ — durch Schätzung in einem Teilungsintervall abzulesen ist, wobei dieses Intervall bei allen Entfernungen zwischen Instrument und Latte, stillschweigend horizontale Zielungen vorausgesetzt, in derselben Größe erscheint. Der Nullpunkt ist in die Nähe des *obern* Endpunkts der Latte gelegt und durch den Mittelpunkt eines Kreises, genauer gesagt, durch den Schnittpunkt der zwei, mit der Vertikalen den Winkel 45⁰ einschließenden Kreisdurchmesser gebildet, wobei die zwei neben dem Nullpunkt liegenden Sektoren weiß (Lattengrund), die zwei über und unter dem Nullpunkt liegenden Sektoren aber rot oder schwarz bemalt sind. Dieser Nullpunkt könne, unabhängig von der Fadenstärke, scharf eingestellt werden, indem man die Kongruenz der zwei weißen gleichschenklig rechtwinkligen Dreiecke ins Auge fasse, die der Vertikalfaden mit dem Horizontalfaden bilde (wobei also vorausgesetzt wird, daß der Vertikalfaden nicht durch den Nullpunkt geht). Ob diese Nullmarke in der Tat ohne vergleichende Versuche als „die vorteilhafteste“ zu bezeichnen ist, Vorzüge vor der bekannten Staffelmarke und ähnlichen Einrichtungen hat, ist dem Ref. zweifelhaft. Die Tabelle, aus der nach *S. 24* mit den Ablesungen r (Ordnungszahl des letzten Teilstriches vor dem zweiten Faden F_2) und λ (Zehnteilschätzung in dem Intervall zwischen r und $(r+1)$; es seien $\lambda/10$ des Intervalls geschätzt) die zugehörige Entfernung D $(= C \cdot L$, beim „anallaktischen“ Fernrohr, wenn C die Konstante dieses Fernrohrs und L die Länge des Lattenabschnitts bedeutet) zwischen Kippachse und Latte aufzusuchen ist, wird ziemlich umfangreich. Sie umfaßt, da die Latte über 300 r-Striche enthält, mehr als 3000 Zahlen für die einzelnen D.

Sehr ausführlich ist die „Bestimmung der absoluten Schätzungsfehler durch Beobachtung“ behandelt, ebenso der „theoretische Wert des Schätzungsfehlers“.

Auf die Anwendung einer solchen Latte bei nicht horizontaler Zielung geht der Verf. nicht ein. Am meisten wird dem allgemeinen Gebrauch dieser „wirklich vollkommenen und rationellen“ Latte im Weg stehen, daß eine bestimmte Latte nicht etwa nur für einen und denselben Wert von C, sondern überhaupt nur für ein bestimmtes Fernrohr brauchbar ist, da außer C auch die übrigen Konstanten des Fernrohrs (z. B. Vergrößerung) bei der Herstellung der Latte in Betracht kommen. *Hammer.*

Die Steigerung der Genauigkeit graphischer Rechnungen mit Hülfe von Parabeltafeln.

Von J. Schnöckel. *Zeitschr. f. Vermess.* **34.** *S. 414. 1905.*

Es handelt sich um Flächeninhaltsberechnungen polygonal begrenzter, graphisch gegebener Figuren, zunächst eines durch die drei direkt gemessenen Seiten gegebenen Dreiecks. Der Verf. zeigt, wie man die Genauigkeit, der rein graphisch-mechanischen Rechnung gegenüber, z. B. mit Hülfe der Klothschen Hyperbeltafel, dadurch steigern kann, daß man an einer, ebenfalls auf Glas oder dgl. aufzutragenden Parabelschar die Differenz zwischen Schenkel und Höhe des Dreiecks ablesbar macht. Die nicht unmittelbar gemessene Höhe des Dreiecks, die zu einer bestimmten Seite gehört, ergibt sich dabei mit einer der unmittelbaren Messung der Seiten entsprechenden Genauigkeit. Ob das Verfahren neben den rein graphisch-mechanischen oder mechanischen Verfahren, die ja allerdings zu ihren eigenen, z. T. beträchtlichen Fehlern die Kartierungsfehler u. s. f. mit in das Resultat herübernehmen, sich praktisch einführen wird, scheint dem Ref. zweifelhaft. *Hammer.*

Nivellierinstrument mit drehbarem Fernrohr und Doppellibelle und das Präzisions-Nivellierinstrument von Schell.

Von E. Doležal. *Zeitschr. f. Vermess.* **34.** *S. 490. 505. 1905.*

Im ersten Teil des Aufsatzes bespricht der Verf. die Vorzüge der (bekanntlich von Amsler zu Ende der 50-er Jahre des vorigen Jahrhunderts eingeführten) Wendelibelle; diese „eminenten Vorteile“ seien immer noch nicht genügend gewürdigt. Der zweite Teil beschäftigt sich mit dem Fein-Nivellierapparat von Prof. Schell (Fernrohr mit Okularmikrometerschraube, Libelle 4" bis 5"; Metall-Latte). Da über dieses Instrument bereits berichtet ist (*diese Zeitschr.* **23.** *S. 373. 1903*), mag diese Anzeige genügen. *Hammer.*

Über die Messung sehr tiefer Temperaturen.

Von B. Meilink. *Communic. Phys. Labor. Univers. Leiden Nr. 93. 1904.*

Die Mitteilung trägt die Untertitel: VII. Vergleich des Platinthermometers mit dem Wasserstoffthermometer. VIII. Vergleich des Widerstandes von Golddraht mit dem von Platindraht. (Vgl. auch die Referate über frühere hierher gehörige Mitteilungen in *diese Zeitschr.* **22.** *S. 377. 1902;* **26.** *S. 343. 1906.*)

Der Draht des Platinthermometers (Widerstand 110 Ohm bei 0°) wurde ohne Isolation bifilar auf ein beiderseits offenes Glasrohr gewickelt, auf das eine spiralförmig verlaufende Rille geätzt war. In das Glasrohr hinein wurde das Gefäß des Wasserstoffthermometers gebracht. Die tiefe Temperatur wurde durch kondensierte Dämpfe und Gase erreicht, die unter gewöhnlichem oder konstant gehaltenem, reduziertem Druck siedeten. Das Widerstandsthermometer wurde in der Wheatstoneschen Brückenschaltung gemessen, sodaß die Zuleitungen, deren zwei sich an jedem Ende des Drahtes befanden, jedesmal besonders berücksichtigt werden mußten. Während bei den tiefen Temperaturen der Platindraht direkt mit dem flüssigen Gas in Berührung stand, wurde er bei Messung des Eispunktes in Petroläther oder frisch destilliertes Isopentan gebracht, das durch Eis gekühlt wurde. Diese Messung konnte erst nach mehreren Stunden ausgeführt werden; die genaue Temperatur, die meist etwas über 0° lag, wurde durch ein Thermoelement bestimmt. Außer bei 0° wurde bei $-51°$ und sechs verschiedenen Temperaturen zwischen $-100°$ und $-210°$ beobachtet. Während der Ablesung des Gasthermometers wurden die durch kleine Temperaturschwankungen veranlaßten Widerstandsänderungen direkt an den Ablenkungen des Galvanometers abgelesen, das vorher dementsprechend geeicht war. Die quadratische Gleichung

$$w = w_0 (1 + 0{,}0038788\,t - 0{,}0_6 9257\,t^2)$$

stellt die Beziehung zwischen Widerstand w und Temperatur t im beobachteten Gebiet nur bis auf 0,2° dar. Unter Anwendung der Gleichung 3. Grades

$$w = w_0 (1 + 0{,}0039167\,t - 0{,}0_6 3432\,t^2 + 0{,}0_8 2069\,t^3)$$

blieben die Abweichungen zwischen Widerstands- und Gasthermometer unter 0,05°. Man muß dabei allerdings die tiefste Temperatur — 210° ausschließen, bei der die Abweichung 0,5° beträgt, während bei — 197,6° noch Übereinstimmung vorhanden ist.

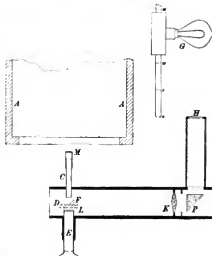
Es besteht der Plan, den Widerstand anderer Metalle wie Gold, Silber, Kupfer für tiefe Temperaturen zu untersuchen, und zwar soll der Widerstand dieser Drähte verglichen werden mit dem Widerstand eines Platindrahtes, der an das Wasserstoffthermometer angeschlossen ist. Um den Vergleich direkt ausführen zu können und um weniger von den Zuleitungen abhängig zu sein, wurde zur Beobachtung das Differentialgalvanometer im Nebenschluß verwendet. Außer der Vergleichung mußte der Widerstand des Platins zur Bestimmung der Temperatur direkt gemessen werden; zu dem Zweck konnte man an Stelle des Golddrahtes u. s. w. einen Stöpselkasten von bekanntem Widerstand setzen.

Unbequem ist der geringe Widerstand der gemessenen Metalle. Ein Golddraht von mehr als 20 *m* Länge und 0,1 *mm* Durchmesser wurde auf zwei konzentrische Glaszylinder in ähnlicher Weise wie der Platindraht aufgewickelt und in derselben Anordnung, wie vorher beschrieben, an die Stelle des Wasserstoffthermometers gesetzt. Die bisher ausgeführten Messungen selbst sind nicht geeignet, um Formeln für den Widerstand der Drähte abzuleiten. Bei Gold trat eine beträchtliche Änderung des Nullpunktes auf, die nicht sicher erklärt werden konnte. Für Silber und Kupfer werden keine Zahlen gegeben. Bei dem Kupferdraht mußte sorgfältig alle Feuchtigkeit ausgeschlossen werden, da er sich sonst oxydierte und sein Widerstand verändert wurde. *Henning.*

Photometer zur Messung der Helligkeit der Umgebung der Sonne.

Von H. Deslandres und A. Bernard. *Compt. rend.* **143.** *S. 152. 1906.*

Schon seit Jahren beschäftigt sich Deslandres mit Versuchen, die Sonnenkorona auch außerhalb der totalen Sonnenfinsternisse zu beobachten, und im Zusammenhang mit diesen Bestrebungen steht die Konstruktion des in Rede stehenden Photometers. Der Verf. beabsichtigt, die Helligkeit des Himmels in einer konzentrisch um die Sonnenscheibe gelegten ringförmigen Zone zu messen, deren Begrenzungslinien 5' bezw. 22' Abstand vom Sonnenrande haben; innerhalb dieser Zone liegt nach den bei den Sonnenfinsternissen gemachten Erfahrungen die Hauptwirkung des Koronalichtes. Es war von besonderer Wichtigkeit, die Störung der Messungen durch das in den Apparat eintretende und dort diffus reflektierte direkte Sonnenlicht möglichst vollständig zu beseitigen.



Der Apparat besteht aus zwei Teilen, einem nach dem Prinzip der Lochkamera wirkenden Projektionsapparat und dem eigentlichen Photometer. Der Projektionsapparat ist ein 3,15 *m* langes, äquatorial montiertes Rohr, das Rohr eines Refraktors nach Entfernung von Objektiv und Okular. Das nach dem Himmel gerichtete obere Ende des Rohrs ist durch eine Metallplatte verschlossen, die eine kreisförmige Öffnung von 71 *mm* Durchmesser enthält. In der Mitte der letzteren wird durch einen leicht wegklappbaren Arm eine Kreisschreibe von 40 *mm* oder von 45 *mm* Durchmesser gehalten. Das von diesem ringförmigen Diaphragma entworfene Bild wird am unteren Rohrende auf einer Mattscheibe aufgefangen und photometrisch gemessen; die Konstruktion des Photometers ist aus der Figur ersichtlich, die den Apparat in $^1/_6$ nat. Gr. zeigt.

Da die Sonnenscheibe einen Halbmesser von 16′ hat, so entsteht bei Benutzung der kleineren Scheibe von 40 *mm* Durchmesser am unteren Rohrende *A* ein halbschattenartiges ringförmiges Bild, welches nur in seiner Mitte auf einer Kreisfläche von 11 *mm* Durchmesser nicht von direkten Sonnenstrahlen getroffen wird. Um alles direkte Sonnenlicht vom Photometer auszuschließen, nimmt daher das nur 10 *mm* weite Rohr *C* allein den mittelsten Teil des Bildes auf und läßt ihn auf die Mattscheibe *D* gelangen, auf welche das Okular *E* scharf eingestellt ist. Ist das Fernrohr genau auf die Sonne gerichtet, so empfängt die Mitte der Mattscheibe Licht von einer ringförmig die Sonne umgebenden Fläche des Himmels. Um die Intensität dieses Lichtes zu messen, ist auf die Mattscheibe das kleine Reflexionsprisma *F* aufgesetzt, welches auf einen Teil der Scheibe das Licht der Photometerlampe *G* gelangen läßt. Dies ist eine Osmiumlampe, die bei einer Spannung von 8 Volt mit 5 Kerzenstärken brennt. Während der Messungen wird die Stromstärke mit Hülfe von Galvanometer und Widerstand konstant erhalten, und in größeren Zeitintervallen wird die Lampe mit einer Normallampe verglichen.

Die meßbare Abschwächung des Lichtes der Photometerlampe erfolgt durch Veränderung ihres Abstandes von dem transparenten Papierschirm *H*. Das Bild dieses Schirmes wird nach Reflexion im Prisma *P* durch die Linse *K* nach dem kleinen Prisma *F* hingeworfen und erscheint daher auf der Mattscheibe dicht neben der vom Himmelslicht beleuchteten Stelle. Da das Himmelslicht für die direkte Vergleichung mit der Lampe zu hell war, wurden bei *M* noch Rauchgläser eingeschaltet, deren Absorption genau gemessen war. Ferner wurden noch bei *L* farbige Filter angebracht, um die Messungen in den verschiedenen Farben getrennt ausführen zu können.

Der Apparat war während der totalen Sonnenfinsternis am 30. August 1905 in Villargamar bei Burgos in Spanien aufgestellt und sollte zur Messung der Helligkeit der Korona benutzt werden; leider wurden aber alle Beobachtungen durch Wolken vereitelt. Besonders geeignet scheint das Instrument auch zur Beurteilung der Durchsichtigkeit der Luft zu sein, da ja die Beleuchtung der Mattscheibe um so geringer sein wird, je dunkler der Himmel in der Nähe der Sonne, also je durchsichtiger und reiner die Luft ist. Selbstverständlich können mit dem Apparate auch Helligkeitsmessungen an beliebigen anderen Stellen des Himmels gemacht werden, wobei dann die kleine Scheibe aus dem Eintrittsdiaphragma entfernt wird, sodaß statt einer ringförmigen eine kreisförmige Fläche zur Beobachtung gelangt.

J. H.

Über die praktische Bestimmung der mittleren räumlichen Lichtstärke von Glühlampen und Bogenlampen.

Von G. B. Dyke. *Phil. Mag.* **9.** *S. 136. 1905.*

Bekanntlich ist für die Beurteilung der Ökonomie einer Lampe die mittlere räumliche Lichtstärke maßgebend. Verf. versucht für elektrische Glühlampen und Bogenlampen Methoden aufzufinden, durch welche sich diese Lichtstärke möglichst einfach und schnell bestimmen läßt. Es wurden 9 Typen von elektrischen Kohlenfädenlampen, und zwar im ganzen 25 Stück, untersucht; hierzu wurde ein Photometerwagen besonderer Konstruktion und das Integralphotometer von Matthews benutzt. Der Wagen läßt sich auf einer geraden Photometerbank mittels eines Seiles ohne Ende verschieben und besitzt eine Vorrichtung, welche gestattet, die aufrecht stehende Glühlampe erstens mit der Hand, also langsam, zu drehen und zweitens mittels eines Elektromotors in schnelle Rotation zu versetzen.

Zunächst wurden die Lampen auf Lichtverteilung in der Horizontalebene untersucht. Als Nullstellung diente die Achse der Schleifenwindung. Die Lichtstärke in dieser Richtung sei J. Sodann wurde aus der Lichtverteilungskurve die mittlere horizontale Lichtstärke J_m berechnet. Außerdem wurde die letztere auch noch bestimmt, indem die Lampe in Rotation versetzt wurde. Beide Werte stimmten fast stets bis auf $^3/_4$ % überein. Schließlich wurde mittels des Integralphotometers in der bereits von Matthews angegebenen Anordnung das Verhältnis J_s/J_m ermittelt, wenn J_s die mittlere räumliche Lichtstärke bezeichnet.

Zum Schlusse werden die für J, J_m, J_s; J_m/J, J_s/J und J_s/J_m gefundenen Werte in Tabellen zusammengestellt. Aus denselben geht hervor, daß nur der Reduktionsfaktor J_s/J_m für Lampen derselben Type konstant ist. Verf. empfiehlt deshalb für technische Prüfungen von Glühlampen zunächst J_m mittels rotierender Lampe zu bestimmen und diese Größe sodann mittels des vorher empirisch festzustellenden Reduktionsfaktors J_s/J_m auf die mittlere räumliche Lichtstärke J_s umzurechnen.

Untersuchungen, welche dasselbe Ziel verfolgten, sind vom Ref. schon vor längerer Zeit ausgeführt worden[1]).

Mit Bogenlampen hat Verf. erst wenig Versuche angestellt; ein abschließendes Urteil über diese letzteren Untersuchungen läßt sich noch nicht abgeben. *E. Lb.*

Eine verbesserte Form des Refraktometers.

Von G. F. H. Smith. *Zeitschr. f. Krystallogr. u. Miner.* **42.** *S. 233. 1906.*

Das Bertrandsche, aus einer Flintglashalbkugel und einem fest damit verbundenen Fernröhrchen mit Skale bestehende *Kristallrefraktometer* ist vom Verf. durch Einfügung einer Crownglaslinse verbessert worden, die mit der Halbkugel zusammen als achromatisches Fernrohrobjektiv befriedigend wirken soll. Der Bereich des Refraktometers von $n_D = 1,40$ bis $n_D = 1,76$ und die bei Verwendung von Na-Licht auf ein bis zwei Einheiten der dritten Dezimale angegebene Genauigkeit lassen das Instrumentchen zum Sortieren von Mineralien geeignet erscheinen. Von der Verwendung von Tageslicht hätte der Verf. lieber abraten sollen, da die Ablesung der „dem Gelb entsprechenden Lage" sehr unsicher ist. Die Angabe, die Breite des Spektrums gebe die relative Dispersion der Substanz, kann irre führen; das Spektrum ist um so breiter, je größer der Unterschied der Dispersion des Flintglases und der Substanz ist, mit anderen Worten, ein breites Spektrum zeigt eine geringe Dispersion des Kristalles an, und umgekehrt.

Zur Untersuchung kleiner Objekte ließe sich das Instrument noch durch ein ganz schwaches Okular ergänzen, das das Fernrohr zu einem verkleinernden macht.

Das Bertrand-Smithsche Refraktometer wird von der Firma J. H. Steward in London hergestellt. *Lä.*

Merkurosulfat und die Normalelemente.

Von G. A. Hulett. *Phys. Rev.* **22.** *S. 321. 1906.*

Das Kadmiumnormalelement.

Von Demselben. *Ebenda* **23.** *S. 166. 1906.*

In der ersten Abhandlung sucht der Verf. die von dem Ref. durch Versuche[2]) gestützte Ansicht als für seine Präparate nicht zutreffend zu widerlegen, daß die an verschiedenen Merkurosulfat-Präparaten beobachteten Unterschiede, die sich in kleinen Differenzen der elektromotorischen Kraft der damit zusammengesetzten Normalelemente äußern, von Verschiedenheiten der Korngröße herrühren; des weiteren sucht er seine eigene, auf Grund der Phasenregel vom Ref. beanstandete Behauptung, daß diese Unterschiede durch einen wechselnden Gehalt an basischem Salze bedingt sind, durch neue Versuche und Hypothesen zu bekräftigen.

In der Frage nach dem Einflusse der Korngröße gibt der Verf. prinzipiell die Möglichkeit eines solchen Einflusses zu, der sowohl von anderen als auch von ihm selbst an anderen Salzen nachgewiesen wurde; er meint aber, daß ein solcher Einfluß bei dem von ihm auf elektrolytischem Wege dargestellten Merkurosulfate nicht in Frage kommen könne, da nach seiner Methode vorwiegend größere Kristalle entstünden und die in der Minderzahl vorhandenen feineren durch 12-stündiges Rühren beseitigt würden. Nach den Erfahrungen des

[1]) *Diese Zeitschr.* **19.** *S. 193. 1899.*

[2]) *Diese Zeitschr.* **20.** *S. 205. 1905; Zeitschr. f. Elektrochem.* **12.** *S. 578. 1906.*

Ref. ist aber das Merkurosulfat viel zu träge im Umkristallisieren, als daß es durch so kurz dauernde Behandlung von den feinen Teilchen zu befreien wäre. Ob die elektrolytische Darstellungsmethode an sich schon genügende Grobkörnigkeit des Präparats verbürgt, muß einstweilen unentschieden bleiben. Daß der Verf. statt einer Erniedrigung eine Erhöhung der elektromotorischen Kraft erzielt hat, nachdem er ein grobkörniges Präparat von seinen feinen Bestandteilen befreit hatte, läßt darauf schließen, daß der Versuch nicht sorgfältig genug angestellt worden ist.

Der Verf. wendet sich sodann dem Einflusse der Hydrolyse zu. Nach seiner Meinung wird das Auftreten basischen Salzes schon deutlich störend, wenn sich das normale Sulfat in Gegenwart einer halbmolekular normalen Schwefelsäure befindet. Um wie viel mehr müßte dann das basische Salz im Normalelemente selbst zu Unregelmäßigkeiten Anlaß geben, da hier doch prinzipiell die Anwesenheit von Säure ausgeschlossen ist. Da aber nach des Verf. Angaben das elektrolytisch dargestellte Sulfat im Element von Störungen frei ist, d. h. nach seiner Ansicht unter diesen Umständen kein basisches Salz bildet, so kann das noch weniger der Fall sein bei der Darstellung des Sulfats in Gegenwart von verdünnter Säure. Hieraus folgt, daß die von ihm beobachteten Unterschiede in der elektromotorischen Wirksamkeit seiner mit verschieden konzentrierten Säuren dargestellten Präparate nicht in der Bildung basischen Salzes ihre Ursache haben können. Verf. hält trotz dieser naheliegenden Betrachtungen und, trotzdem er selbst zugibt, daß der von ihm vermutete Einfluß wechselnder Mengen basischen Salzes der Phasenregel widerspricht, doch an seiner Hypothese fest, daß ein verschiedener Grad hydrolytischer Spaltung die bisher beobachteten Unterschiede verursachen müsse. Um seine Ansicht zu stützen, hat Hulett eine Reihe von Versuchen angestellt, die aber ganz unsichere Resultate ergaben. Setzte er nämlich dem normalen Salze wechselnde Mengen basischen Salzes zu, so zeigte sich eine Vergrößerung der elektromotorischen Kraft um $1 \cdot 10^{-4}$ Volt erst bei einem Gehalte von 10%; erzeugte er einen gewissen Prozentgehalt an basischem Salze in dem normalen Sulfate durch Schütteln mit Wasser, so hatten schon etwa 3% einen ebenso großen Einfluß wie vorher 10%, während 1% eine doppelt so große und 10% eine fast viermal so große Änderung hervorriefen. Verwendete er gar im Elemente Merkurosulfat, das auf elektrolytischem Wege, aber unter Benutzung von nur halbmolekular normaler Schwefelsäure dargestellt war, und das nach einer von ihm selbst angestellten Analyse[1]) kaum mehr als 0,1% basisches Salz enthielt, so wurde die el. Kraft um ebensoviel vergrößert, als wenn dem normalen Salze direkt 10% basisches Salz zugesetzt wurden(!). Woher die gefundenen Abweichungen stammen, läßt sich aus der Arbeit des Verf. nicht ersehen, wohl aber kann man aus obigen Versuchen schließen, daß die Hydrolyse nicht die Ursache ist. Ohne auf weitere Unklarheiten der Arbeiten näher einzugehen, sollen nur noch die Schlüsse mitgeteilt werden, die der Verf. aus seinen Versuchen zieht. Nach seiner Meinung ist die Hydrolysenfrage zwar noch sehr dunkel, die unerklärten Abweichungen sollen aber zum Teil in der zweiten der im Titel angeführten Arbeiten erklärt werden; das Hauptergebnis jedoch ist, daß allein seine Darstellungs-Methode des Merkurosulfats imstande ist, ein einwandfreies Präparat zu liefern. Deshalb wird diese Methode und die Bereitung der Paste, über die bereits in dieser Zeitschrift berichtet wurde[2]), nochmals ganz eingehend auseinandergesetzt.

Das Hauptergebnis der zweiten Arbeit ist, daß das Kadmium-Normalelement als Präzisionsnormal nicht zu empfehlen und dafür wieder das Clark-Element einzuführen ist. Diese äußerst befremdende Schlußfolgerung wird notwendig, weil auch die mit dem elektrolytischen Merkurosulfat hergestellten Kadmiumelemente zeitlichen Änderungen der el. Kraft unterworfen sind. Nach der Meinung von Hulett kann dies nicht von dem Merkurosulfat herrühren, da einige Clark-Elemente, die mit dem gleichen Präparat hergestellt worden sind, sich nicht geändert haben. Der Verf. macht die Annahme, daß das Kadmiumsulfat nicht in

[1]) *Zeitschr. f. phys. Chem.* **49.** *S. 496. 1904.*

[2]) Vgl. das Referat in *dieser Zeitschr.* **25.** *S. 53. 1905.*

Gleichgewicht mit dem Merkurosulfat und dem Quecksilber steht, daß vielmehr die beiden ersteren unter Bildung einer neuen, wenig löslichen, festen Phase miteinander reagieren; diese letztere soll dann wiederum in Berührung mit dem Quecksilber verschwinden.

Eine derartige Reaktion, die also durch das Quecksilber wieder rückgängig gemacht würde, muß als ausgeschlossen angesehen werden; die Einwirkung dieses Metalls, welche nicht als katalytische aufzufassen wäre, sondern vielmehr in einer Gleichgewichtsverschiebung bestehen müßte, könnte nur auf einem Ein- oder Austritt von Metall in die Lösung oder eine der festen Phasen beruhen, während selbstverständlich die vom Verf. vermutete Reaktion zwischen den beiden Sulfaten von ganz anderer Natur sein müßte. Es werden aber, trotzdem diese Vorstellung ganz unzulässig ist, doch Versuche angestellt, welche ein Resultat in dem erwarteten Sinne ergeben. Um zu zeigen, daß die Umgebung des Quecksilberpoles beim Kadmiumelemente sich nicht im Gleichgewicht befindet, trennt der Verf. die beiden Schenkel dieses Elementes und schüttelt den Quecksilberpol mitsamt Elektrolyten und der festen Phase, öfters mehrere Tage lang, zum Teil so stark, daß das Quecksilber zu ganz feinen Kügelchen zerteilt wird. Dann setzt er das Element wieder zusammen und mißt im Ruhezustand den zeitlichen Verlauf der el. Kraft, die natürlich sehr stark abweichende und veränderliche Werte annimmt. Diese Erscheinung sieht Hulett dann als Bestätigung seiner Hypothese an, daß durch Schütteln das Gleichgewicht zwischen den Sulfaten und der Lösung erreicht, im Ruhezustand aber nachher an der Quecksilberoberfläche wieder zerstört wird. Zur Gegenprobe schüttelt er dann auch den entsprechenden Schenkel eines Clark-Elements, wobei merkwürdigerweise keine erheblichen Änderungen der el. Kraft auftreten, und schließt daraus, daß bei diesem Elemente keine Gleichgewichtsverschiebungen vorkommen.

Den sogenannten oberen Grenzwert der elektromotorischen Kraft erreicht der Verf. dadurch, daß er mit Quecksilber und der klar abgezogenen Kadmiumsulfat-Lösung des geschüttelten Schenkels einen positiven Pol des Elements aufbaut. Der Verf. bedenkt dabei nicht, daß das Potential einer solchen Elektrode, welche ihres schwer löslichen festen Depolarisators beraubt ist, nur ganz unsichere Werte liefern kann, da die Quecksilberionen-Konzentration, die für das Potential maßgebend ist, nicht mehr zwangsweise auf einem konstanten Betrage erhalten wird. *v. St.*

Duddellscher Oszillograph für hohe Spannungen.

Von D. A. Ramsay. *The Electrician* **57.** *S. 884. 1906.*

Duddell hat seinen Oszillographen (vgl. *diese Zeitschr.* **21.** *S. 239. 1901*) so umgebildet, daß auch Kurven von Hochspannungen damit aufgenommen werden können. Der neue Apparat gehört zur Klasse der bifilaren Oszillographen mit permanentem Richtmagnet. Die

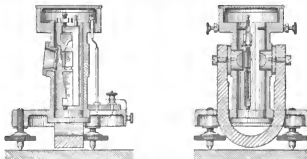


Fig. 1.

Systeme befinden sich in einem mit Öl gefüllten Metallgehäuse, in welches durch Öffnungen die Pole des Richtmagneten hineinragen (Fig. 1). Zwischen den Polen sind leicht auswechselbar zwei Systeme zu gleichzeitiger Aufnahme der Spannungs- und Stromkurve

angeordnet. Der ganze Apparat wird auf einen Hochspannungsisolator gesetzt und mit einer Porzellanglocke bedeckt (vgl. Fig. 2). Die Verbindnng zwischen Oszillographen und

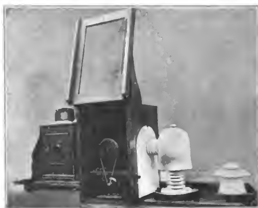


Fig. 2.

Registrierapparat wird durch eine Porzellanröhre hergestellt, außerdem ist der Registrierapparat durch eine Porzellanplatte abgeschirmt. Die Aufnahmen erfolgen kinematographisch oder mittels fallender photographischer Platte. *E. O.*

Neu erschienene Bücher.

B. Donath, Die Grundlagen der Farbenphotographie. 8°. VIII, 166 S. m. 35 Textfig. u. einer farb. Taf. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn 1906. 5 M.; geb. 5,80 M.

Das vorliegende Buch hat dem Ref. sehr gut gefallen. Es bildet das 14. Heft der Sammlung naturwissenschaftlicher und mathematischer Monographien „Die Wissenschaft". Dem Charakter dieser Sammlung entsprechend „überwiegt der wissenschaftliche Inhalt, und der Theorie ist in allen Fällen zuerst das Wort gegeben". Aber alles Wichtige ist *ab ovo* entwickelt, sodaß auch der Nichtphysiker, der sich von der Schule her wenigstens der Elemente der Mathematik und Physik erinnert, bei sorgfältiger Lektüre des Buches einen guten Einblick in die Grundlagen der Farbenphotographie gewinnt. So ist z. B. die Einführung in die Zenkersche Theorie der Lippmann-Photographie derart abgefaßt, daß sie, besonders durch die ausgezeichneten Figuren, auch dem plausibel wird, der vorher von der Wellenlehre nichts gewußt hat. Weiterhin freilich wendet sich der Verfasser oft an geübtere Leser. Das Buch ist von Anfang bis zu Ende sehr frisch geschrieben, und hie und da eingestreute Zitate verraten die Freude des Verf. an geistreicher Polemik und bilden für die Lektüre eine angenehme Würze.

Um zu zeigen, wie reichhaltig die Verfahren im einzelnen behandelt werden, lasse ich hier den ersten Teil der dem Buche vorangeschickten Inhaltsangabe folgen: „I. Teil. Die direkten Verfahren der photographischen Farbenwiedergabe (65 S.). 1. Kap.: Die photographische Farbenwiedergabe durch stehende Lichtwellen: Geschichtliches (6 S.). Theorie des Verfahrens (40 S.): Begriff des Wellenstrahles, Lichtwellen, Reflexion der Lichtwellen (Phasenverlust), Scheinfarben durch Interferenz, Die Zenkersche Theorie, Experimentelle Beweise für die Richtigkeit der Theorie (Veränderung der Farben mit dem Beobachtungswinkel und durch Auseinandertreten der Elementarspiegel, komplementäre Farben im durchfallenden Lichte, Nachweis der Elementarschichten in mikroskopischen Dünnschnitten). Weitere theoretische Betrachtungen (Die Beziehungen des Silberkornes zur Schichtenbildung,

die speziellen optischen Eigenschaften von Chromgelatine, kohärentem und molekularem Silber, Elementarspiegelabstand und Phasenverlust, Abhängigkeit der Farbenwiedergabe von der Expositionszeit, die Beziehungen der Tiefenwelle zur Oberflächenwelle, Lippmannsche Spektra höherer Ordnung). Praktische Ausübung des Lippmannschen Verfahrens (9 S.). — 2. Kap.: Die photographische Farbenwiedergabe durch Körperfarben: Geschichtliches (4 S.). Theorie des Verfahrens (5 S.). Ausübung des Ausbleichverfahrens (3 S.)."

Das Kapitel über das Lippmannsche Verfahren dürfte in einer zweiten Auflage des Buches einen Zuwachs erhalten durch Verwertung der Arbeiten H. Lehmanns, die Anfang dieses Jahres, kurz nach dem Erscheinen des Donathschen Buchs, veröffentlicht wurden und eine wesentliche Bereicherung der Theorie und mit ihr Hand in Hand gehend auch der Ausübung der Lippmann-Photographie bedeuten.

Der zweite Teil des Buches ist den indirekten Verfahren der photographischen Farbenwiedergabe gewidmet. Sein Inhalt ist, in großen Zügen, folgender: Geschichte und Theorie des Dreifarbenverfahrens (einschließlich der Theorien der Farbenwahrnehmung von Young-Helmholtz und Hering) (28 S.). Die photographische Analyse nach den drei Grundfarben (24 S.). Die additive Synthese der Teilbilder (Subjektive Farbenwiedergabe im Chromoskop, objektive durch Projektion, das Woodsche Verfahren, das sich der Beugungsspektra, und das Jolysche Verfahren, das sich des Dreifarbenrasters bedient) (25 S.). Die subtraktive Synthese der Teilbilder (18 S.). In diesem letzten Abschnitt des Buches sind die verschiedenen Verfahren (von Lumière, Selle, Hofmann, Sanger-Shepherd, König u. s. w.) meist nur angedeutet; für ihr Studium wird die Literatur angegeben. Auch die mechanischen Druckverfahren sind nur ganz kurz besprochen.

Vermißt hat der Ref. einen Hinweis auf zwei Verfahren der Farbenphotographie, die allerdings wohl noch nicht zu nennenswerten praktischen Resultaten geführt haben, die aber theoretisch interessant sind, nämlich auf die Verfahren von J. Rheinberg und von C. J. von Drac. Rheinberg (*Brit. Journ. of Phot.* **51.** *S. 7 u. 8. 1904*) schlägt folgendes Verfahren vor, das, wie das Jolysche Verfahren, nur *eine* Aufnahme auf *eine* Platte braucht, aber außerdem noch ohne Filter auskommt: In einer photographischen Kamera denke man sich das Bild nicht von einer lichtempfindlichen Schicht, sondern von einem Raster mit nur horizontalen Linien aufgefangen, das abwechselnd einen Streifen des Bildes auffängt, den nächsten, schmaleren aber durchläßt. Das so in Streifen zerschnittene durchgelassene Bild wird von einem zweiten photographischen Objektiv (mit Hülfe einer Kondensorlinse) sekundär auf eine panchromatische Platte abgebildet. Aber direkt hinter dem zweiten photographischen Objektiv befindet sich ein Prisma mit horizontaler brechender Kante, dessen Dispersion gerade so groß ist, daß sich die Spektren, in die es aufeinander folgende weiße Streifen des primären Bildes zerlegt, gerade berühren. Von der Aufnahme des sekundären Bildes wird ein Diapositiv hergestellt und an die Stelle der Platte in den Apparat eingesetzt. Schickt man jetzt durch beide Objektive hindurch weißes Licht, so wird man mit Hülfe eines Kondensors, der den Kreuzungspunkt der Hauptstrahlen dem Auge zugänglich macht, das Diapositiv in den richtigen Farben sehen, falls die Streifendistanz klein genug ist, um noch vom Auge aufgelöst zu werden. — Das Verfahren von J. von Drac (Franz. Pat. Nr. 341645 vom 13. VIII. 1904 und Engl. Pat. Nr. 1008 von 1904) ist ein Dreifarbenverfahren, das sich zur Scheidung des weißen Lichts in drei komplementäre Mischfarben eines Kunstgriffs bedient, der bei Farbenmischapparaten für Demonstrationszwecke anderwärts schon angewandt worden war. Drac zerlegt das aus einem photographischen Objektiv austretende Hauptstrahlenbündel, das er wahrscheinlich durch eine Vorderblende telezentrisch macht, mittels eines stark zerstreuenden Prismas in ein Spektrum. Mit drei dem ersten entgegengesetzt wirkenden Prismen vereinigt er je ein Drittel des Spektrums zu seiner Mischfarbe. Nach dieser Zerlegung werden die drei Teilbilder, mit Hülfe je eines weiteren Objektivs, auf drei panchromatische Platten projiziert. Bringt man Diapositive der drei Aufnahmen an die Stelle der entsprechenden Platten und beleuchtet sie von hinten mit weißem Licht, so wirken die Prismen wieder wie Farbfilter und lassen nur solche Strahlen rückwärts in das Front-

objektiv eintreten, die zur Bilderzeugung beigetragen haben. Ein vor die Blende des Frontobjektivs gebrachtes Auge erblickt deshalb das farbige Bild. — Was in den beiden Patentschriften über die Strahlenbegrenzung und die Bildqualität bei diesem Verfahren steht, ist allerdings ziemlich problematisch. Tatsächlich aber läßt sich zeigen, daß das Verfahren bis zu einem gewissen Grade verwirklicht werden kann. Das scheint auch schon geschehen zu sein: denn es war in einem kurzen Berichte über eine zu Anfang dieses Jahres in London stattgehabte Ausstellung für Farbenphotographie mitgeteilt, daß J. von Drac sein Verfahren dort vorgeführt hat (*Brit. Journ. of Phot.* **53.** *S. 87. 1906*).

Das chronologisch geordnete Literaturverzeichnis des Buches würde nützlicher sein, wenn die Zitate vollständiger wären. Die einzelnen Literaturnachweise enthalten nämlich außer dem Namen des Autors — und sogar der fehlt bei einigen — regelmäßig nur das Jahr und den Ort der Veröffentlichung, aber nur in ganz wenigen Fällen den Titel und niemals den Umfang der Abhandlung. Ich meine, beispielsweise die Angabe „Wiener, *Wied. Ann.* **55.** *1895*" würde viel mehr nützen, wenn sie den Titel: „Farbenphotographie durch Körperfarben und mechanische Farbenanpassung in der Natur" und die Seitenzahl (55) mit enthielte. — Schließlich würde ich trotz der Inhaltsübersicht am Anfang des Buches ein möglichst ausführliches alphabetisches Sachregister für einen Gewinn halten; denn man wird das Buch seines außerordentlich reichen Inhalts wegen gern auch als Nachschlagewerk benutzen. *Wa.*

P. Werkmeister, Graphische Tachymetertafel für alte Kreisteilung. Entworfen für Entfernungen von 5 bis 500 *m* und für Höhenunterschiede von 0,1 bis 70 *m*. Mit einem Vorwort von Prof. Dr. E. Hammer. gr. 4°. 15 S. auf Karton in Leporelloform. Stuttgart, K. Wittwer 1906. Mit Zelluloidstab 4,60 M.

M. d'Ocagne hat gezeigt, wie man eine Isoplethentafel für eine Gleichung zwischen drei veränderlichen Größen durch eine Tafel mit kotierten Punkten ersetzen kann, die drei bestimmte, aus der Form der Gleichung hervorgehende Kurven bilden. (M. d'Ocagne, *Traité de Nomographie.* Paris 1899; Fr. Schilling, Über die Nomographie von M. d'Ocagne. Leipzig 1900.) Je drei zusammengehörige Punkte der drei Kurven, deren Koten also die Gleichung erfüllen, liegen hierbei stets auf einer Geraden, sodaß mit Hülfe einer beweglichen Geraden zu je zwei beliebigen Punkten der ersten und zweiten Kurve der dazugehörige der dritten Kurve gefunden werden kann. Dieses Verfahren ist anwendbar auf Gleichungen von der Form

$$\begin{vmatrix} f_1(\alpha_1) & \varphi_1(\alpha_1) & \psi_1(\alpha_1) \\ f_2(\alpha_2) & \varphi_2(\alpha_2) & \psi_2(\alpha_2) \\ f_3(\alpha_3) & \varphi_3(\alpha_3) & \psi_3(\alpha_3) \end{vmatrix} = 0,$$

worin α_1, α_2 und α_3 die drei Variabeln sind.

In speziellen Fällen gehen die drei Kurven in gerade Linien über. So führt die Gleichung

$$f_1(\alpha_1)\, f_2(\alpha_2) = f_3(\alpha_3)$$

auf eine Tafel mit zwei parallelen und einer sie schneidenden Geraden. Die Konstruktion solcher Tafeln hat Prof. Láska elementar behandelt und auch ihre Anwendung zur Herstellung einer tachymetrischen Tafel nahegelegt (*Zeitschr. f. Vermess.* **34.** *S. 753. 1905*).

Die Gleichungen

$$\varphi_1(\alpha_1) + \varphi_2(\alpha_2) + \varphi_3(\alpha_3) = 0$$

oder

$$\log f_1(\alpha_1) + \log f_2(\alpha_2) = \log f_3(\alpha_3)$$

entsprechen einem Nomogramm mit drei parallelen Geraden, also einer Tafel einfachster Form.

Auf zwei parallelen Geraden werden die Werte von $m_1 \log f_1(\alpha_1)$ und $m_2 \log f_2(\alpha_2)$ abgetragen und nach α_1 und α_2 beziffert, wobei m_1 und m_2 beliebige Moduln sind. Die Lage der dritten Geraden ergibt sich dann nach den Bezeichnungen der nebenstehenden Figur mit Hülfe der Gleichung

$$\delta = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}\,\Delta,$$

und es sind auf derselben die Werte von $m_3 \log f_3(\alpha_3)$ abzutragen, worin

$$m_3 = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}$$

ist.

Diese letztere Konstruktion liegt der Tachymetertafel von P. Werkmeister zugrunde. Die Tafel besteht somit aus drei parallelen Geraden, von denen die mittlere die Tafelwerte, die beiden anderen die Argumente enthalten. Die als Zeiger dienende bewegliche Gerade wird durch eine auf der Unterseite eines starken Zellhornlineals rot gezogene Linie dargestellt, deren Einstellung mit der linken Hand bequem ausführbar ist.

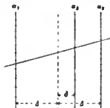
Zur Berechnung der horizontalen Entfernung e ist eine Tafel für die Differenz $E-e$ mit den Argumenten E und α gegeben, die durch die Gleichung

$$E - e = E^2 \sin^2 \alpha$$

bestimmt ist, wo

$$E = c + kl$$

aus dem Lattenabschnitt berechnet wird. Für diese Tafel ist $m_1 = 2\,m_2$ gewählt worden, sodaß $\delta = \frac{1}{3}\Delta$ ist. Die Reduktion $E-e$ kann bei den in der Praxis vorkommenden Werten von E und α fast durchweg bis auf 0,1 m abgelesen werden. Die Tafel ist in zwei Abschnitte zerlegt, die jedoch auf einer Seite dargestellt sind, sodaß die Übersichtlichkeit nichts zu wünschen übrig läßt.



Etwas weniger übersichtlich ist die Höhentafel, die in 20 Abschnitten auf 12 Seiten abgebildet ist. Hier ist überall $m_1 = m_2 = 2\,m_3$ angenommen worden, wobei jedoch die Einheit dieser Moduln in den verschiedenen Abschnitten verschieden gewählt wurde, um die Genauigkeit überall möglichst gleich groß zu machen. Das Aufsuchen des richtigen Abschnitts der Höhentafel auf den 12 Seiten wird im Anfange unbequem sein. Vielleicht wäre es gut, die Grenzen der Argumente in kräftigem Druck über jede Seite zu setzen. Bei längerem Gebrauch der Tafel wird die Unbequemlichkeit indessen wohl wenig ins Gewicht fallen. Die Skaleneinheiten sind so gewählt, daß kleine Höhenunterschiede bis auf Zentimeter, größere bis auf Dezimeter abgelesen werden können.

Ein großer Vorzug der Tafel gegenüber den älteren Isoplethentafeln ist die große Übersichtlichkeit der einzelnen Skalen, die die Ablesungen nicht nur bequemer, sondern auch sicherer macht. Die Genauigkeit geht über die für topographische Zwecke erforderliche hinaus, sodaß die Tafel wohl auch für alle genaueren tachymetrischen Arbeiten genügt.

Aufgefallen sind dem Ref. einige Ungenauigkeiten in den ersten Intervallen der $(E-e)$-Skale, die bis zu 3 mm gehen. Auch in der Höhentafel sind geringe Ungenauigkeiten ohne Nachmessung wahrnehmbar. Wenn auch solche Fehler besser vermieden worden wären, so muß man doch zugeben, daß sie den Gebrauch der Tafel kaum beeinträchtigen, sodaß der letzteren eine recht weitgehende Verbreitung gewünscht werden kann. Auch wäre es wünschenswert, wenn die hier mit gutem Erfolge benutzte Methode der fluchtrechten Punkte auch auf anderen Gebieten zur Herstellung graphischer Tafeln Verwendung fände. *O. Eggert.*

Jahrbuch für Photographie und Reproduktionstechnik f. d. J. 1906. Herausgegeben v. Hofrat Prof. Dr. J. M. Eder. 20. Jahrg. 8°. VIII, 692 S. mit 210 Abbildgn. im Text u. 31 Kunstbeilagen. Halle, W. Knapp 1906. 8 M.; geb. in Leinw. 9,50 M.

Als 700 Seiten starker Band ist Eders Jahrbuch, leider diesmal recht verspätet erst im Oktober und daher wohl von vielen sehnlich erwartet, erschienen. Der nunmehr zwanzigste Jahrgang reiht sich seinen Vorgängern in unveränderter Form an, und eine nähere Besprechung desselben erscheint daher überflüssig. Für jeden, der sich in dem weiten Gebiete der photographischen Technik auf dem laufenden erhalten will, ist Eders Jahrbuch längst ein unentbehrliches Nachschlagewerk geworden. Im Interesse dieser Verwendung

möchte Ref. — nicht um zu tadeln, sondern lediglich um zu bessern — empfehlen, auf die Herstellung des alphabetischen Sachregisters die größte Sorgfalt zu verwenden. So wäre es beispielsweise am Platze gewesen, unter dem Stichwort „Farbenfilter" nicht nur die Seite 443 anzugeben, sondern auch die Seiten 51, 159, 329, 333 und 422, die sämtlich wichtige Mitteilungen über Filter enthalten.

Eine zwar nicht ganz leichte, aber außerordentlich dankenswerte Aufgabe wäre nunmehr auch die Herausgabe eines recht gründlichen, die bisherigen zwanzig Bände umfassenden Namen- und Sachregisters. Dasselbe dürfte jedoch auf keinen Fall lediglich eine Zusammenziehung der Register der zwanzig Bände sein, sondern müßte, wie obiges Beispiel von der Unvollständigkeit dieser Register zeigt, auf einer gründlichen Exzerpierung des Originaltextes beruhen. Ein solches Register über zwanzig Jahre der photographischen Forschung würde ein Nachschlagewerk von ganz hervorragendem Werte sein. *J. H.*

J. L. R. Morgan, *Physical Chemistry for Electrical Engineers.* 8°. VIII, 230 S. m. Fig. New York 1906. Geb. in Leinw. 7,50 M.

E. v. Lommel, Lehrbuch der Experimentalphysik. 12. u. 13., neubearb. Aufl., hrsg. v. Prof. Dr. Walt. König. gr. 8°. X, 630 S. m. 435 Fig. u. 1 farb. Spektraltaf. Leipzig, J. A. Barth 1906. 6,60 M.; geb. in Leinw. 7,50 M.

A. Zeemann, Einführung in die Elektrotechnik. 7 Experimentalvorträge. gr. 8°. VIII, 168 S. m. 117 Abbildgn. Wien, A. Hartleben 1907. 2,70 M.

J. Whitelaw, *Surveying, as practiced by Civil Engineers and surveyors.* 2. Ausg. 8°. 532 S. London 1906. 10,80 M.

W. Ostwald, Leitlinien der Chemie. 7 gemeinverständl. Vorträge aus der Geschichte der Chemie. 8°. V, 308 S. Leipzig, Akadem. Verlagsgesellschaft 1906. 6,60 M.; geb. in Leinw. 7,50 M.

Institute, Die physikalischen, der Universität Göttingen. Festschrift in Anschluß an die Einweihg. der Neubauten am 9. XII. 1905. Hrsg. v. der Göttinger Vereinigg. zur Förderung der angewandten Physik u. Mathematik. Lex. 8°. IV, 200 S. m. Abbildgn. u. 5 Taf. Leipzig, B. G. Teubner 1906. 10 M.; geb. 12 M.

Sammlung Schubert. 8°. Leipzig, G. J. Göschen.

37. K. Heun, Lehrbuch der Mechanik. I. Tl. Kinematik m. e. Einleitg. in die elementare Vektorrechnung. XVI, 339 S. m. 94 Fig. 1906. Geb. in Leinw. 8 M. — 52. A. Adler, Theorie der geometrischen Konstruktionen. VIII, 301 S. m. 177 Fig. 1906. Geb. in Leinw. 9 M.

W. v. Bezold, Gesammelte Abhandlungen aus den Gebieten der Meteorologie u. des Erdmagnetismus. In Gemeinschaft m. A. Coym hrsg. v. Verf. Lex. 8°. VIII, 448 S. m. 66 Abbildgn. u. 3 Taf. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1906. 14 M.; geb. 16 M.

P. Drude, Lehrbuch der Optik. 2., erweit. Aufl. gr. 8°. XVI. 538 S. m. 110 Abbildgn. Leipzig, S. Hirzel 1906. 12 M.; geb. 13 M.

P. Lenard, Über Kathodenstrahlen. Nobel-Vorlesung. gr. 8°. 44 S. m. 11 Textfig. u. e. angehängten Literaturverzeichnis. Leipzig, J. A. Barth 1906. 1,20 M.

Repetitorium der Elektrotechnik. Hrsg. v. Ob.-Ingen. A. Königswerter. 8°. Hannover, Dr. M. Jänecke.

VIII. B. Monasch, Elektrische Beleuchtung. XII, 229 S. m. 83 Abbildgn. 1906. 5,60 M.; geb. in Leinw. 6,20 M.

J. A. Serret, Lehrbuch der Differential- u. Integralrechnung. Nach Axel Harnacks Übersetzg. 3. Aufl. Neu bearb. v. G. Scheffers. 1. Bd. Differentialrechnung. gr. 8°. XVI, 624 S. m. 70 Fig. Leipzig, B. G. Teubner 1906. 12 M.; geb. in Leinw. 13 M.

A. Gleichen, Leitfaden der praktischen Optik. gr. 8°. VIII, 221 S. m. 158 Abbildgn. Leipzig, S. Hirzel 1906. 5,60 M.; geb. 6,50 M.

W. Hallock u. H. T. Wade, *Outlines of the Evolution of Weights and Measures and the Metric System.* 8°. 316 S. m. Fig. London 1906. Geb. in Leinw. 10,50 M.

Namen- und Sach-Register.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

